



Andreia Sofia Ascensão Rocha

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Normalização de tempos de processos
logísticos na *Volkswagen Autoeuropa*
pela aplicação da metodologia MTM
(*Methods-Time Measurement*)**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Doutor José Martin Miquel Cabeças,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Virgílio António Cruz Machado
Arguente: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Vogais: Professor Doutor José Martin Miquel Cabeças
Engenheira Sílvia Patrícia Almeida Requeijo Rosado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2017

Normalização de tempos de processos logísticos na *Volkswagen* Autoeuropa pela aplicação da metodologia MTM (*Methods-Time Measurement*)

Copyright © 2017 Andreia Sofia Ascensão Rocha, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Ao professor José Cabeças, orientador desta dissertação, pela constante disponibilidade, pelo interesse, pelas opiniões e críticas dadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Sílvia Rosado, orientadora na empresa, por me ter recebido no departamento e ter permitido o desenvolvimento deste projeto, demonstrando sempre interesse e confiança no meu trabalho.

A todos os colegas da Engenharia Industrial da *Volkswagen* Autoeuropa pela forma como me acolheram, pelo interesse demonstrado, disponibilidade para ajudar e partilha de conhecimento durante todo o projeto. Um agradecimento especial à Andreia Moraes, pela amizade demonstrada e pelos conselhos que me deu diariamente ao longo destes seis meses.

A toda a Área de Engenharia Industrial e *Lean Management* da *Volkswagen* Autoeuropa, pelo incentivo e simpatia de todos.

Aos restantes colaboradores da *Volkswagen* Autoeuropa, particularmente aos colegas do departamento de Planeamento Logístico, que contribuíram ativamente para este projeto, partilhando informações e conhecimento.

Aos meus amigos e colegas de curso, pelo contributo que tiveram ao longo do meu percurso académico.

Aos meus grandes amigos, pelos bons momentos que partilham comigo, pelo apoio, pela amizade e por estarem sempre presentes nos momentos mais importantes.

Ao João Reguengos, pelo apoio e carinho diários, por todos os momentos, pela constante motivação, paciência, conselhos e pela amizade ao longo de todo o meu percurso.

Por fim, um enorme agradecimento à minha família. Aos meus avós paternos, pelo apoio incondicional. Aos meus pais e irmã, Luís Rocha, Aida Rocha e Raquel Rocha, por todos os ensinamentos, por acreditarem sempre em mim, pela ajuda na superação de todos os obstáculos, pela compreensão e palavras nos momentos mais difíceis. Sem eles nada disto seria possível.

Resumo

As melhorias ao nível dos processos logísticos permitem a redução do tempo total de abastecimento de materiais às linhas produção e uma melhor coordenação entre a logística e a produção. Toda a organização deve encarar a cadeia de abastecimento como um conjunto de processos e operações inter-relacionadas. Assim, a implementação de operações logísticas mais eficientes e otimizadas são imprescindíveis para a redução dos custos logísticos, a melhoria do desempenho e para o aumento do nível de serviço prestado ao cliente.

Prevendo o início da produção do novo modelo da marca *Volkswagen*, em 2017, o número de peças acolhidas nestes processos irá subir abruptamente, pelo que este projeto surge da necessidade de definir os tempos normalizados para auxiliar o custeio dos processos logísticos de abastecimento à linha de produção da Área da Montagem da *Volkswagen* Autoeuropa.

A determinação do tempo normal por embalagem, em cada processo, teve como alicerce fundamental o método MTM-SOL (*Methods-Time Measurement - Standard Operations Logistics*). Este permite quantificar os tempos de operação, determinar o melhor método de trabalho com vista à obtenção do menor tempo em cada operação e proporcionar a padronização desse método. A sua aplicação deve ser encarada como um processo de melhoria contínua por se adequar aos conceitos de produção *Lean*. Ao serem sugeridas propostas de melhorias é possível uma comparação entre o estado atual da operação, em termos de processo e cargas de trabalho, e cenários alternativos de alteração de procedimento ou *layouts*.

O estudo é desenvolvido nos três processos logísticos inerentes ao processo geral de abastecimento de peças à linha de produção, como sejam a receção de embalagens (*receiving*), o seu armazenamento (*put-away*) e recolha (*picking*), aplicados aos três tipos de embalagens *standard* mais movimentadas em armazém. Sugeriram-se propostas de melhorias nas operações para cada processo logístico que, em conjunto, atingem uma redução no tempo total diário de operação de 512,9 minutos, conduzindo a um aumento da eficiência média de balanceamento dos três processos de 68,1% para 78,9%.

Palavras-chave: indústria automóvel, logística interna, MTM, operações logísticas, embalagens *standard*, tempo normal

Abstract

Improvements in logistics processes allow lead times reduction and a enhanced coordination between logistics and production. The entire organization should consider supply chain and production as a set of interrelated processes and operations. Thus, the implementation efficient and optimized logistics operations are essential for logistics costs reduction, performance improvement and increasing the level of service provided to the customer.

At the beginning of the new Volkswagen model production, in 2017, the number of part numbers received in these processes will abruptly rise, so this project scope arises from the need to define normalized times to estimate the logistics processes costs.

The determination of the normal time per container in each process was based on the methodology MTM-SOL (Methods Time Measurement - Standard Operations Logistics). This methodology allows operating times quantification to determine the best working method in order to obtain the shortest time in each operation and also to provide the normalization of that method. Its application should be seen as a continuous improvement process because it suits Lean production concepts. When proposals for improvement are suggested, a comparison can be made between the current state of the operation, in terms of process and workloads, and alternative scenarios for procedure changes or layouts.

The study focuses on three logistics processes inherent to the general process of production line supply, such as receiving, put-away and picking, applied to three types of standard containers. Operations improvements were suggested for each logistic process which achieved a reduction in total daily operation times of 512,9 minutes, leading to an increase in the average balancing efficiency from 68,1% to 78,9%.

Keywords: automotive industry, internal logistics, MTM, logistics operations, standard packaging, basic time

Índice de Matérias

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento	1
1.2.	Contextualização do problema.....	2
1.3.	Identificação da questão central de investigação	3
1.4.	Identificação dos objetivos	4
1.5.	Metodologia.....	5
1.6.	Estrutura da dissertação	7
2.	Fundamentos da Filosofia <i>Lean</i> e Logística de Produção	9
2.1.	Fundamentos da filosofia <i>Lean</i>	9
2.1.1	Origem e definição	9
2.1.2	Sistema Produção <i>Toyota</i>	10
2.1.3	<i>Just-in-time</i>	11
2.1.4	Sistema <i>Pull</i>	12
2.1.5	<i>Jidoka</i>	13
2.1.6	<i>Heijunka</i>	14
2.1.7	Kaizen/Melhoria contínua	15
2.1.8	Criação de Valor.....	15
2.1.9	Fontes de desperdício	17
2.1.10	Trabalho Uniformizado.....	20
2.1.11	Métricas de desempenho	21
2.2.	Logística interna das empresas	22
2.2.1	Integração da logística com a produção.....	23
2.2.2	Tipos de sistemas de armazenamento e abastecimento	24
2.2.3	Importância do <i>layout</i> de armazém	25
2.2.4	Supermercados em processos produtivos	25
2.2.5	Comboio logístico de abastecimento à produção	27
2.2.6	Bordo de linha	28
2.2.7	Recolha de pedidos (<i>Order Picking</i>)	29
2.2.8	Fluxo de materiais no processo de produção	30

2.2.9	Buffers	31
2.2.10	Operações com empilhadores.....	32
2.3.	Sistema de tempos pré-determinados: <i>Methods-Time Measurement</i> (MTM).....	33
2.3.1	História	33
2.3.2	Descrição Geral	34
2.3.3	Sistema de blocos de tempos MTM	40
2.3.4	MTM-1 (Sistema básico MTM)	43
2.3.5	MTM-SD (<i>Standard</i>).....	43
2.3.6	MTM-UAS (Sistema de Análise Universal).....	43
2.3.7	MTM- MEK (Produção de pequenas séries)	44
2.3.8	MTM-SOL (Procedimentos <i>standard</i> de logística)	44
2.3.9	Síntese do capítulo.....	46
3.	Método.....	49
3.1.	<i>Volkswagen</i> Autoeuropa	49
3.1.1	História	49
3.1.2	Área de Engenharia Industrial & <i>Lean Management</i>	50
3.2.	Caracterização do <i>Methods-time Measurement- Standard Operations Logistics</i> (MTM-SOL) .	51
3.2.1	Operações <i>Standard</i> de transporte	53
3.2.2	Operações <i>standard</i> de manuseamento	59
3.2.3	Sequência de procedimentos de empilhadores	62
3.3.	Análise do sistema de abastecimento atual	65
3.3.1	Cadeia de abastecimento	65
3.3.2	Tipos de embalagens	67
3.3.3	Receção das embalagens (<i>Receiving</i>)	68
3.3.4	Armazenamento (<i>Put-away</i>).....	70
3.3.5	Recolha (<i>Picking</i>)	75
3.3.6	Abastecimento à linha de produção ou supermercados (<i>line-feeding</i>)	78
3.4.	Análise de dados	80
3.4.1	<i>Receiving</i> e <i>Put-away</i>	80
3.4.2	<i>Picking</i>	83
3.5.	Aplicação do método MTM-SOL.....	87

3.5.1	<i>Receiving</i>	88
3.5.2	<i>Put-away</i>	101
3.5.3	<i>Picking</i>	111
3.6.	Síntese do capítulo	120
4.	Apresentação dos Resultados	123
4.1.	Processo de <i>Receiving</i>	124
4.2.	Processo de <i>Put-away</i>	128
4.3.	Processo de <i>picking</i>	133
4.4.	Síntese do capítulo	138
5.	Discussão dos Resultados e Proposta de Melhorias	141
5.1.	Desperdícios e oportunidades de melhoria identificadas	141
5.2.	Processo de <i>Receiving</i>	142
5.3.	Processo de <i>put-away</i>	150
5.4.	Processo de <i>Picking</i>	156
5.5.	Síntese do capítulo	160
6.	Conclusões, Limitações e Recomendações Finais	165
6.1.	Conclusões finais	165
6.2.	Limitações do estudo	169
6.3.	Proposta de trabalhos futuros	170
Referências Bibliográficas		171
Anexos		181
Anexo 1.	<i>Layout</i> global do armazém	181
Anexo 2.	Amostra da quantidade de embalagens recebidas	182
Anexo 3.	Armazenamento de embalagens GLT: Excerto do sistema de informação logístico	185
Anexo 4.	Armazenamento de embalagens GT: Excerto do sistema de informação logístico	187
Anexo 5.	Armazenamento de embalagens KLT: Excerto do sistema de informação logístico	189
Anexo 6.	Consumo diário de peças abastecidas na rota GTA	191
Anexo 7.	Consumo diário de peças abastecidas na rota GTG	192
Anexo 8.	Consumo diário de peças abastecidas na rota GTF	193

Índice de Figuras

Figura 1.1. Metodologia do projeto de dissertação	6
Figura 2.1. Sistema de Produção Toyota	11
Figura 2.2. Representação do sistema pull	13
Figura 2.3. Programação de um Heijunka Box	15
Figura 2.4. Composição do trabalho antes (1) e após um evento Kaizen (2)	17
Figura 2.5. Os três MUs (Muda, Mura e Muri) identificados no sistema TPS	18
Figura 2.6. Relação entre os tempos envolvidos nas operações	22
Figura 2.7. Etiquetas visíveis no supermercado	26
Figura 2.8. Processo de aplicação de MTM a um posto de trabalho	37
Figura 2.9. Os cinco movimentos básicos do MTM	38
Figura 2.10. Balanceamento com blocos de tempos	39
Figura 2.11. Evitar desperdícios com alteração de métodos de trabalho	39
Figura 2.12. Resumo do sistema de blocos de tempos MTM	40
Figura 2.13. Agrupamento de movimentos MTM	41
Figura 2.14. Tipos de processo MTM	42
Figura 3.1. Codificação dos módulos gerais das operações de transporte de acordo com o MTM-SOL	54
Figura 3.2. Exemplo de empilhador elétrico utilizado na Volkswagen Autoeuropa	55
Figura 3.3. Exemplo de empilhador retrátil utilizado na Volkswagen Autoeuropa	55
Figura 3.4. Codificação do elemento de operação com empilhador de acordo com o MTM-SOL	55
Figura 3.5. Representação do alinhamento do empilhador a 90 graus	57
Figura 3.6. Representação da operação de inserir e retirar garfo	58
Figura 3.7. Codificação do elemento Manusear de acordo com o MTM-SOL	60
Figura 3.8. Codificação do elemento processamento de informação de acordo com o MTM-SOL	61
Figura 3.9. Codificação das sequências de procedimentos de empilhadores de acordo com o MTM-SOL ..	63
Figura 3.10. Vista geral do armazém da Volkswagen Autoeuropa	66
Figura 3.11. Esquematização do fluxo de embalagens com destino à linha de montagem	66
Figura 3.12. Exemplo de uma embalagem GLT	67
Figura 3.13. Exemplo de uma embalagem KLT	67
Figura 3.14. Esquematização do processo de chegada do camião	68
Figura 3.15. Zona de descarga do camião	69
Figura 3.16. Exemplo de uma etiqueta C	70
Figura 3.17. Esquematização do processo de put-away	71
Figura 3.18. Afetação de embalagens a zonas do armazém	71
Figura 3.19. Zona de armazenamento Block Storage	72
Figura 3.20. Ilustração da organização de uma estante virtual (6 metros)	73
Figura 3.21. Zona de armazenamento de estante	73
Figura 3.22. Esquematização do processo adicional de armazenamento na estante	74

Figura 3.23. Exemplo de organização das localizações da estante	74
Figura 3.24. Organização do picking	75
Figura 3.25. Esquematização do processo de picking	76
Figura 3.26. Bundle utilizado na recolha de KLT	77
Figura 3.27. Order picker utilizado no processo de picking de KLT.	77
Figura 3.28. Esquematização do processo de picking de KLT	78

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Exemplo de aplicação	41
Tabela 3.1. Conversão de unidades de tempo TMU	51
Tabela 3.2. Elemento módulos gerais de operações de transporte do MTM-SOL.....	54
Tabela 3.3. Etapa de processo do MTM-SOL: Conduzir.....	56
Tabela 3.4. Etapa de processo do MTM-SOL: Alinhar 90 graus	57
Tabela 3.5. Etapa de processo do MTM-SOL: Elevar e descer	57
Tabela 3.6. Etapa de processo do MTM-SOL: Operações com garfo.....	58
Tabela 3.7. Módulos suplementares de operações de manuseamento do MTM-SOL	59
Tabela 3.8. Elemento “Manusear” do MTM-SOL.....	60
Tabela 3.9. Elemento “Processamento de Informação” do MTM-SOL.....	61
Tabela 3.10. Exemplo de aplicação do elemento “Processamento de informação”.	62
Tabela 3.11. Elemento “Apanhar e Posicionar” das sequências de procedimento de empilhadores.....	64
Tabela 3.12. Elemento “Acréscimos de sequência de processo”.	65
Tabela 3.13. Distinção entre grupos de armazém	68
Tabela 3.14. Resumo das condições de armazenamento.....	75
Tabela 3.15. Resumo das condições de recolha	78
Tabela 3.16. Amostra da quantidade de embalagens recebidas por dia da semana.....	80
Tabela 3.17. Amostra da quantidade de cada tipo de embalagem armazenada durante 11 dias	82
Tabela 3.18. Quantidade de embalagens armazenadas por veículo produzido	82
Tabela 3.19. Quantidade de embalagens recebidas por veículo produzido (com correção).....	83
Tabela 3.20. Percentual de armazenamento de embalagens GLT em cada zona	83
Tabela 3.21. Amostra da quantidade de embalagens GLT requisitadas para cada rota, durante 23 dias	84
Tabela 3.22. Quantidade de embalagens GT recolhidas em cada rota	85
Tabela 3.23. Amostra da quantidade de embalagens KLT requisitadas durante 5 dias, para cada rota	86
Tabela 3.24. Quantidade de embalagens KLT consumidas por veículo produzido, para cada rota	87
Tabela 3.25. Resumo da quantidade de embalagens recolhidas por veículo produzido.....	87
Tabela 3.26. Apresentação das premissas gerais do processo de descarga do camião	88
Tabela 3.27. Apresentação das premissas específicas para cada tipo de embalagem	88
Tabela 3.28. Tempos normais da operação de descarga de camião de embalagens GLT	90
Tabela 3.29. Tempos normais da operação de descarga de camião: embalagens GT e KLT.....	91
Tabela 3.30. Resumo dos tempos da operação de descarga de camião.....	91
Tabela 3.31. Apresentação das premissas para a operação de tirar fotografia	92
Tabela 3.32. Tempos normais da operação de tirar fotografias: embalagens GLT,GT e KLT	93
Tabela 3.33. Apresentação das premissas para a operação de receção e entrega da documentação	94
Tabela 3.34. Tempos normais da operação de receção e entrega da documentação: embalagens GLT	95
Tabela 3.35. Tempos normais da operação de receção e entrega da documentação: embalagens GT e KLT	96
Tabela 3.36. Apresentação das premissas para a operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas	97

Tabela 3.37. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens GLT	98
Tabela 3.38. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens GT	99
Tabela 3.39. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens KLT ..	100
Tabela 3.40. Tempos normais das operações de verificação para cada embalagem	101
Tabela 3.41. Tempos normais para o processo de receiving para cada embalagem	101
Tabela 3.42. Premissas relativas a cada tipo de embalagem para o processo de put-away	102
Tabela 3.43. Afetação diária das embalagens às zonas de armazenamento	102
Tabela 3.44. Premissas para a operação de armazenamento na zona de block storage.....	103
Tabela 3.45. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT no block storage.....	104
Tabela 3.46. Premissas para a operação de armazenamento na zona de estante virtual	104
Tabela 3.47. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT na estante virtual	105
Tabela 3.48. Premissas para a operação de armazenamento na zona de buffer da estante.....	106
Tabela 3.49. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT no buffer da estante.....	107
Tabela 3.50. Premissas para a operação de armazenamento na zona de buffer da estante.....	107
Tabela 3.51. Tempos normais de armazenamento de embalagens GT no buffer da estante	108
Tabela 3.52. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante	109
Tabela 3.53. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT na estante	109
Tabela 3.54. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante	110
Tabela 3.55. Tempos normais de armazenamento de embalagens GT na estante.....	110
Tabela 3.56. Tempos normais de cada tipo de embalagem para o processo de put-away.....	111
Tabela 3.57. Premissas da operação de recolha na zona de block storage	111
Tabela 3.58. Tempos normais de recolha de embalagens GLT do block storage	112
Tabela 3.59. Premissas da operação de recolha na zona de estante virtual	113
Tabela 3.60. Tempos normais de recolha de embalagens GLT da estante virtual	114
Tabela 3.61. Premissas da operação de recolha na zona de estante	115
Tabela 3.62. Tempos normais de recolha de embalagens GLT da estante.....	115
Tabela 3.63. Premissas da operação de recolha na zona de estante	116
Tabela 3.64. Tempos normais de recolha de embalagens GT da estante	117
Tabela 3.65. Tempo cronometrado para os movimentos de elevar e descer por metro	118
Tabela 3.66. Premissas da operação de recolha na zona de estante	118
Tabela 3.67. Tempos normais de recolha de embalagens KLT da estante.....	119
Tabela 3.68. Tempos normais de cada tipo de embalagem para o processo de picking	120
Tabela 3.69. Tempos normais por embalagem em cada processo	122
Tabela 4.1. Premissas para apresentação de resultados.....	123
Tabela 4.2. Tempo normal diário da operação de descarga do camião.....	124
Tabela 4.3. Tempo normal diário da operação de verificação da carga	126
Tabela 4.4. Cargas de trabalho diárias para o processo de receiving	127
Tabela 4.5. Quantidade diária de embalagens GLT armazenada	129
Tabela 4.6. Tipos e quantidades de embalagens armazenadas por zona, diariamente	129
Tabela 4.7. Tempo total diário de armazenamento no block storage	129

Tabela 4.8. Tempo total diário de armazenamento na estante virtual	130
Tabela 4.9. Tempo total diário de armazenamento no buffer da estante	130
Tabela 4.10. Tempo total diário de armazenamento na estante	131
Tabela 4.11. Cargas de trabalho diárias para o processo de put-away	131
Tabela 4.12. Tipos e quantidades de embalagens recolhidas por zona, diariamente.....	134
Tabela 4.13. Tempo total diário de recolha do block storage	134
Tabela 4.14. Tempo total diário de recolha da estante virtual	134
Tabela 4.15. Tempo total diário de recolha da estante	135
Tabela 4.16. Cargas de trabalho diárias do processo de picking	136
Tabela 4.17. Tempo total diário de recolha de embalagens KLT	137
Tabela 4.18. Cargas de trabalho diárias do processo de picking de embalagens KLT.....	138
Tabela 4.19. Resultados dos processos de receiving, put-away e picking	139
Tabela 5.1. Tempos normais da proposta de imprimir, carimbar e colocar etiquetas nas embalagens KLT	143
Tabela 5.2. Tempos normais da proposta de verificação para embalagem KLT	144
Tabela 5.3. Tempo normal diário da proposta de operação de verificação da carga.....	145
Tabela 5.4. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de receiving	146
Tabela 5.5. Carga de trabalho das operações agregadas no processo de receiving	146
Tabela 5.6. Quantidade de embalagens recebidas.....	147
Tabela 5.7. Tempo normal diário da operação de descarga do camião.....	148
Tabela 5.8. Tempo normal diário da operação de verificação	148
Tabela 5.9. Eficiência de balanceamento por dia da semana	150
Tabela 5.10. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante.....	152
Tabela 5.11. Tempos normais da proposta de armazenamento de embalagens GLT na estante	152
Tabela 5.12. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante.....	153
Tabela 5.13. Tempos normais da proposta de armazenamento de embalagens GT na estante	154
Tabela 5.14. Quantidade de embalagens armazenadas por dia em cada zona.....	155
Tabela 5.15. Tempo total diário de armazenamento na estante	155
Tabela 5.16. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de put-away.....	156
Tabela 5.17. Quantidade de embalagens recolhidas por dia em cada zona.....	157
Tabela 5.18. Tempo total diário de recolha da estante.....	157
Tabela 5.19. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de picking.....	158
Tabela 5.20. Ciclos de recolha de embalagens KLT por dia.....	159
Tabela 5.21. Ciclos e cargas de trabalho do processo de picking de embalagens KLT	160
Tabela 5.22. Resultados das propostas para os processos de receiving, put-away e picking	162
Tabela 5.23. Ganhos diários, em termos de tempo, para cada processo	163
Tabela 5.24. Tabela comparativa geral	163

Lista de abreviaturas

FIFO - *First In First Out*

GLT - *Großladungsträger*

GT - *Global Transport*

HHT - *Hand Held Terminal*

JIT - *Just-In-Time*

KLT - *Kleinladungsträger*

LKW Control - *LastKraftWagen Control* (Sistema de controle de camiões)

LOGIS - *Logistisches Informations-System*

LOZ - *Logistikoptimierungszentrum*

MTM - *Methods-Time Measurement*

MTM-SOL - *Methods-Time Measurement: Standard Operations Logistics*

MTM-UAS - *Methods-Time Measurement: Universal Analyzing System*

POF - *Point-of-Fit*

POT - *Point-of-Transfer*

PT - *Process time*

TCC - *Traffic Control Center*

TMU - *Time Measurement Unit*

TPS - *Toyota Production System*

WIP - *Work in Process*

VW AE - *Volkswagen Autoeuropa*

1. Introdução

O presente capítulo pretende expor o enquadramento da dissertação seguidamente apresentada, desenvolvida no departamento de Engenharia Industrial da *Volkswagen* Autoeuropa, seguido da contextualização do problema, da identificação da questão central de investigação, assim como dos objetivos específicos a alcançar. Por fim, são apresentadas a metodologia de trabalho e a estrutura geral da dissertação.

1.1. Enquadramento

O Grupo *Volkswagen* é um dos maiores fabricantes de automóveis do mundo, criado em 1930, sendo a sua sede em Wolfsburg, na Alemanha. Em 2016, o Grupo alcançou a liderança mundial na venda de automóveis com a venda de 10,31 milhões de veículos (Jornal de negócios, 2017).

A *Volkswagen* Autoeuropa, uma das fábricas de produção automóvel do Grupo *Volkswagen*, está inserida na região de Palmela e foi o maior investimento estrangeiro feito em Portugal. Representando cerca de 1% do PIB, a *Volkswagen* Autoeuropa tem um impacto muito positivo na economia nacional e regional (*Volkswagen* Autoeuropa, 2013b). A sua missão é a produção de veículos automóveis de qualidade, regulada pelos princípios de criação de valor, flexibilidade e responsabilidade social (*Volkswagen* Autoeuropa, 2013b).

Esta fábrica do Grupo *Volkswagen* tem a particularidade de produzir uma gama exclusiva e variada de veículos. Atualmente, produz os modelos Sharan (VW), Alhambra (Seat), e Sirocco (VW). Em 2012, a sua produção atingiu os 112 550 veículos, dos quais 99,4% foram exportados (*Volkswagen* Autoeuropa, 2013a).

As áreas de produção da *Volkswagen* Autoeuropa estão divididas em Prensas, Carroçarias, Pintura e Montagem. Cada uma destas áreas produtivas tem associado um processo logístico de abastecimento de componentes e materiais. É no armazém logístico de abastecimento de materiais à Área de Montagem que surge este estudo, inserido no departamento de Engenharia Industrial. Este departamento é responsável por definir o tempo e o número de colaboradores diretos necessários para a construção de um determinado volume de carros, nas quatro áreas de produção (Área de Prensas, Área de Carroçarias, Área de Pintura e Área de Montagem) e na Qualidade.

1.2. Contextualização do problema

A indústria automóvel tem-se revelado como um dos principais determinantes do crescimento económico dos países desenvolvidos. Face à crescente evolução dos mercados e internacionalização da economia, as organizações são forçadas a elevar cada vez mais os seus padrões de qualidade, aperfeiçoando os seus processos e operações, de forma a minorar os custos de produção, garantido a sua competitividade da organização. Esta é alcançada pela diferenciação na inovação dos produtos ou dos processos de produção. A flexibilidade e uma forte capacidade de adaptação à mudança possibilitam a sustentação das empresas da indústria automóvel na vanguarda da inovação.

Em Portugal, nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017, a produção automóvel subiu 4,9% relativamente ao anterior período equivalente. A *Volkswagen* Autoeuropa representa 54,3% dessa produção de veículos automóveis em Portugal (Associação Automóvel de Portugal, 2016). Posto isto, assegurar a satisfação dos clientes e a eficiência dos processos, tanto a nível produtivo como a nível logístico contribui para o sucesso das empresas da indústria automóvel. Para alcançar estes objetivos, as organizações procuram a redução ou eliminação de processos que não acrescentam valor para o cliente, melhorando o sistema produtivo e reduzindo custos operacionais. O Grupo *Volkswagen*, como empresa do sector automóvel, tem uma forte concorrência no mercado internacional. Para perdurar no mercado, a organização deve reduzir esses custos e, simultaneamente, alcançar elevados índices de qualidade.

As empresas estão sujeitas a turbulentas condições de mercado e a constantes modificações nos produtos a pedidos dos clientes. Uma eficaz gestão de fluxos de materiais torna-se, assim, um dos fatores mais importantes para uma efetiva redução de atividades sem valor acrescentado para o cliente. Os fluxos de materiais não acrescentam valor mas são uma parte imprescindível do processo para obter o produto final. Assim, o desenvolvimento de estudos nos processos logísticos que permitam testar e estudar a chegada de novas peças, constituem uma condição determinante no suporte à tomada de decisões. A *Volkswagen* Autoeuropa possui uma grande variedade de referências de componentes fundamentais a toda a linha de produção, requisitados num tempo de ciclo muito curto, tornando o processo de abastecimento muito complexo. Este processo de abastecimento das peças à linha de montagem assegura toda a produção e é, por esse motivo, considerado uma atividade essencial da logística interna da empresa. Perante esta situação, a aplicação de uma ferramenta que permita determinar o tempo normal de operações logísticas, possibilita uma correta distribuição de operadores nos diversos processos logísticos, expondo ineficiências e sugerindo melhorias para cada processo. Como tal, a redução de tempos de movimentação e de abastecimento às linhas de produção representam uma grande parte das oportunidades de melhoria ao nível logístico de produção. Para a análise dos fluxos de material e processos podem ser utilizadas várias metodologias ou *software*. A

ferramenta utilizada nesta dissertação é um módulo do MTM (*Methods-Time Measurement*) para aplicação em processos logísticos, o MTM-SOL (*Methods-Time Measurement - Standard Operations Logistics*). Esta ferramenta permite determinar o tempo normal de cada operação, possibilitando a sugestão do número de operadores necessários a cada processo logístico analisado. No entanto, a variabilidade no tempo despendido nas operações destes processos logísticos, induzida pelo número de variantes de peças e diferentes embalagens, relativas a cada modelo produzido exige a análise minuciosa dos métodos de trabalho, procurando criar as condições para a correta aplicação da ferramenta MTM, ao mesmo tempo que se procura soluções para a melhoria os processos logísticos vigentes.

Em 2017, a fábrica inicia a produção do novo modelo da marca *Volkswagen*. Consequentemente, a produção irá duplicar e poderá, em 2018, chegar aos 200 mil carros por ano (Gomes, 2016). Para acomodar este novo modelo foi anunciado um investimento de 670 milhões de euros (Pereira, 2014). Esta informação comprova que o sistema logístico irá alojar, milhares de peças novas, com diversas referências, o que indica que será necessário avaliar a necessidade de alterações nos processos logísticos atuais, como sejam *layouts* ou métodos de armazenamento. Numa fase inicial de planeamento logístico, inúmeras decisões têm de ser tomadas, particularmente, o tipo de embalagens a utilizar para cada tipo de peça. Desta forma, com a aplicação desta ferramenta e a determinação do tempo normal de cada operação será possível, posteriormente, antecipar os custos de movimentação relativos a cada peça nos processos logísticos analisados e a necessidade, ou não, de acréscimo de operadores aquando da chegada das novas peças. A realização de um estudo mais aprofundado sobre este tema é altamente relevante para melhorias no planeamento logístico através da deteção de desperdícios e ineficiências, e consequentemente, redução de custos.

1.3. Identificação da questão central de investigação

O estudo dos tempos normais dos processos logísticos de abastecimento à linha de produção na *Volkswagen* Autoeuropa não tem precedentes, pelo que o maior desafio passa por definir quais os processos e tipos de embalagens que deverão ser estudados, isto é, que representam maiores percentagens de movimentação na fábrica. Os processos logísticos na *Volkswagen* Autoeuropa diferem muito entre si devido à variabilidade de peças existentes e as respetivas embalagens, pelo que existem os processos considerados comuns e os especiais. Os processos especiais diferem dos restantes por não terem embalagens *standard* ou por serem peças de muito baixo consumo. Devido à restrição de tempo para o desenvolvimento da dissertação, o estudo irá focar-se nos processos mais comuns de abastecimento à linha de produção, com embalagens que representam mais de 80% de movimentos no armazém. O processo geral de abastecimento à linha de produção da Área da Montagem inclui:

- i. Receção de materiais (*receiving*): descarga do camião e respetivos processos administrativos de verificação da carga proveniente no camião;
- ii. Armazenamento das peças (*put-away*): armazenamento das embalagens em três zonas de armazém distintas, *block Storage*, estante virtual e estante, explicadas mais adiante nesta dissertação;
- iii. Recolha de pedidos (*picking*): recolha das embalagens requisitadas consoante a necessidade da linha de produção para uma zona intermédia de abastecimento (zona de transferência);
- iv. Abastecimento à linha de montagem (*line-feeding*): abastecimento à linha de produção ou de supermercados, através de um comboio logístico com rotas definidas que recolhem as embalagens na zona de transferência.

No entanto, apenas irão ser apresentados nesta dissertação os primeiros três processos. Posto isto, pretende-se obter um tempo normal por cada processo logístico, consoante o tipo de embalagem. A definição destes tempos apoiará o departamento de Planeamento Logístico na tomada de decisões relativas à chegada de peças para o novo modelo a ser produzido e nas alterações de *layout*. Outras questões importantes a serem estudadas, relativamente a cada tipo de embalagem, são a quantidade a chegar diariamente ao armazém logístico, a quantidade armazenada (*put-away*) e a quantidade recolhida (*picking*) diariamente em cada zona de armazém.

Para isso serão analisados dados reais recolhidos ao longo do desenvolvimento desta dissertação, provenientes do sistema de informação logístico da *Volkswagen* Autoeuropa e de informação diária colecionada pelos operadores de armazém. No entanto, existem vários problemas associados à definição do tempo normais dos processos logísticos pois estes podem variar consoante a distância a cada localização de armazenamento, que poderá ter diferenças na ordem dos 100 metros, a altura da localização, que pode variar entre 1 e 10 metros, o tipo de empilhador utilizado e o método de trabalho desempenhado por cada operador. Por sua vez, a chegada de camiões não está distribuída homogeneamente diariamente, nem de acordo com a produção, o que conduz a instabilidades nas operações logísticas e incertezas no cálculo de tempos normais. Todos estes fatores causam ineficiência e condicionam a definição de um tempo normal definido por processo. É, assim, necessário garantir que a análise revele informações reais sobre as operações atualmente conduzidas em todo o processo de abastecimento de peças à linha de produção da Área da Montagem.

1.4. Identificação dos objetivos

Esta dissertação tem como objetivos específicos:

- i. Análise e estudo dos processos logísticos efetuados na Área da Montagem da empresa *Volkswagen* Autoeuropa desde a receção de materiais no armazém logístico até ao processo de recolha de pedidos realizados pela linha de produção, para identificar as operações executadas em três processos logísticos: receção de materiais (*receiving*), armazenamento (*put-away*) e recolha (*picking*);
- ii. Aplicação do método de medição de tempos logísticos (*Methods-Time Measurement logística*), MTM-SOL, para o cálculo dos tempos normais, de cada processo logístico referido, aplicado a cada tipo de embalagem: grande (GTL), conjunto (GT) ou pequena (KLT);
- iii. Definição do número teórico mínimo de operadores necessários para cada processo logístico e a respetiva carga de trabalho, através de análise estatística proveniente de dados diários e dos tempos normais calculados pelo MTM-SOL;
- iv. Cálculo da eficiência de balanceamento relativo ao número teórico de operadores definidos anteriormente para cada processo logístico;
- v. Identificação dos desperdícios em cada processo logístico e proposta de melhorias.

Numa primeira fase, são analisados os fatores que influenciam os tempos MTM-logística, tais como, distância percorrida, número de embalagens transportadas em cada operação, altura de armazenamento, velocidade do empilhador, entre outros. Através da definição de premissas relativas a esses fatores, é calculado o tempo normal da operação e, conseqüentemente, o tempo normal por cada embalagem, despendido em cada processo.

1.5. Metodologia

Após a definição do tema da dissertação com a responsável da área de acolhimento da organização, deu-se início à pesquisa e revisão da literatura sobre os conceitos aplicados na dissertação. A metodologia apresentada segue uma sequência (Figura 1.1) baseada no processo de aplicação de MTM a um posto de trabalho, adaptado de Almeida & Ferreira (2009) e que engloba os seguintes passos: Selecionar operações; sequenciar as operações; identificar micro-movimentos; associar valores de tempo (códigos MTM); obter tempos normais e melhorias no processo. No entanto foram efetuadas algumas alterações.

A metodologia inicia com a seleção dos processos a analisar, definido juntamente com o departamento de planeamento logístico. Tendo em conta a existência de centenas de embalagens diferentes para diferentes áreas de produção, é fundamental reduzir o espectro de análise, selecionando os processos logísticos da Área da Montagem, de 3 tipos de embalagens, com maior relevância para a empresa. O estudo engloba a receção do material no armazém que consiste na descarga do camião e processos

administrativos de registo de carga (*receiving*); armazenamento de cada embalagem nas respetivas localizações de armazém (*put-away*) e, por último, recolha das embalagens para zonas de armazenamento intermédio consoante os pedidos provenientes da linha de montagem (*picking*).

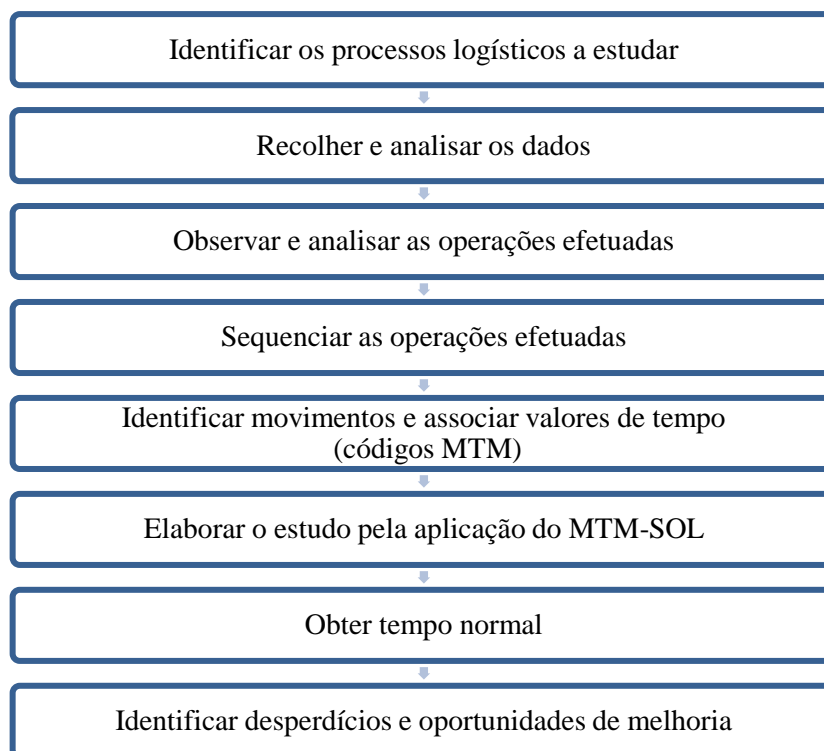


Figura 1.1. Metodologia do projeto de dissertação

Após este passo inicial, procedeu-se à recolha de dados relevantes para a análise dos processos logísticos, tais como, quantidade de cada tipo de embalagem recebida por dia, registo de armazenamento das embalagens em cada localização, número de pedidos diários de embalagens/peças desencadeados pela necessidade da linha de montagem. A terceira etapa corresponde à observação e análise dos processos logísticos da Área da Montagem, selecionados anteriormente, na qual foi crucial um forte diálogo e troca de ideias com os operadores para obter uma correta perceção do trabalho realizado diariamente. Seguidamente, sequenciam-se as operações logísticas analisadas, através da elaboração das descrições das operações apresentadas na aplicação do método MTM-SOL.

Realiza-se, então, a identificação de movimentos, em cada operação, convenientes para a sua análise e aplicação do MTM-SOL. Estes movimentos correspondem a blocos de tempos específicos ao qual são associados valores de tempo, isto é, códigos MTM. Assim se procede à elaboração do estudo MTM.

Para obter o tempo normal, as grandezas de influência no MTM-SOL (velocidade, distância percorrida, altura de armazenamento e tipo de empilhador) são, maioritariamente, determinadas tendo em conta valores médios devido à grande dispersão de valores que existe diariamente.

Por sua vez, a determinação das condições gerais dos processos, tais como, o tempo disponível de trabalho por turno, tempo de pausas e número de veículos produzidos por dia é a base para a determinação do número de operadores necessários por dia e a sua carga de trabalho.

1.6. Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi estruturada em seis capítulos: i) Introdução; ii) Fundamentos da Filosofia *Lean* e Logística de Produção; iii) Método; iv) Apresentação dos Resultados v) Discussão dos Resultados e Proposta de Melhorias e vi) Conclusões, Limitações e Recomendações Finais.

No capítulo 1, Introdução, é apresentado o enquadramento, a contextualização do problema, a identificação da questão central de investigação, os objetivos específicos que se pretendem alcançar nesta dissertação e a metodologia a seguir na sua abordagem.

No capítulo 2, Fundamentos da Filosofia *Lean* e Logística de Produção, procede-se à síntese ordenada da revisão bibliográfica sobre os temas abordados na dissertação, iniciando-se pela abordagem a alguns fundamentos da filosofia *Lean*, importantes para a compreensão de alguns conceitos inerentes aos processos da *Volkswagen* Autoeuropa, desenvolvendo-se pelos principais tópicos da logística interna de uma empresa e uma breve exposição sobre o *Methods-Time Measurement* (MTM).

No capítulo 3, Método, inicia-se com a descrição da *Volkswagen* Autoeuropa, organização onde o estudo é desenvolvido. De seguida, é apresentada a Área de Engenharia Industrial, responsável pelo estudo MTM dos postos de trabalho. É, adicionalmente, realizada a caracterização dos processos logísticos que atualmente se verificam. Posteriormente, é feita a exposição mais aprofundada da ferramenta MTM-SOL e a sua aplicação no estudo dos processos logísticos de abastecimento à linha de produção.

No capítulo 4, Apresentação dos Resultados, são apresentados os resultados em termos de tempo total diário despendido em cada processo, número de operadores necessários e cargas de trabalho dos operadores.

No capítulo 5, Discussão dos Resultados e Propostas de Melhoria, são analisados os resultados para cada um dos processos estudados e são feitas as propostas de melhoria.

No capítulo 6, Conclusões, Limitações e Recomendações Finais, apresentam-se as conclusões finais e identificam-se algumas limitações do estudo e propostas para trabalhos futuro.

2. Fundamentos da Filosofia *Lean* e Logística de Produção

O presente capítulo visa introduzir as temáticas que são utilizadas no desenvolvimento desta dissertação, fazendo uma breve análise aos fundamentos da filosofia *Lean* que é a base para o funcionamento da melhoria contínua da *Volkswagen* Autoeuropa. O capítulo aborda, ainda, a temática da logística interna com o intuito de inteirar o leitor dos conceitos-chave logísticos necessários para o desenvolvimento desta dissertação. O mesmo é concluído com a explicação do método de Sistemas de Tempos Pré-determinados (MTM), utilizada na análise dos processos logísticos da *Volkswagen* Autoeuropa.

2.1. Fundamentos da filosofia *Lean*

2.1.1 Origem e definição

A produção *Lean* teve origem na empresa *Toyota*, com a implementação do *Toyota Production System* (Monden, 1983). Este sistema de produção contribuiu para o aumento de produtividade, para o retorno do capital investido e para o aumento da qualidade dos produtos.

A filosofia *Lean* surgiu, assim, como uma forma de produzir oposta à praticada na altura pelas empresas, onde era aplicado o conceito de produção em massa e sem flexibilidade nos sistemas produtivos (Womack, Jones, Roos, & Carpenter, 1992).

Este conceito tem como objetivo executar uma determinada ação ou tarefa com menos material, menos investimento, menos inventário, menos esforço dos operários e consome menos espaço, para além de resultar numa diminuição dos defeitos e permitir a produção de uma crescente variedade de produtos (Womack et al., 1992). O processo *Lean* é caracterizado pela previsibilidade, o que reduz as incertezas nas fábricas de produção e que visa eliminar todos os desperdícios numa organização (Wilson, 2010). Esta ferramenta conduz a um estado de otimização máximo, tornando a empresa mais competitiva. O seguimento destes princípios, com o propósito de efetuar alterações ao nível de processos de trabalho ou equipamentos, tem como resultado uma empresa *Lean* (Warnecke & Huser, 1995).

Foi Taiichi Ohno quem deu o impulso decisivo para o desenvolvimento do Sistema de Produção *Toyota*. Ohno era formado em Engenharia Mecânica e juntou-se à *Toyota* em 1943. Ao analisar os sistemas de produção das empresas ocidentais, Ohno identificou a existência de duas falhas:

primeiramente, a produção de grandes lotes resultava em *stocks* muito elevados, o que conduzia a capital parado em armazém e a segunda era incapacidade de se produzir de acordo com as preferências dos clientes. O êxito de Taichii Ohno baseou-se em criar o sistema completo de produção *Lean*, no planeamento de produtos através de todas as etapas de produção e em coordenação com o sistema de abastecimento. Deste modo, a indústria automóvel tornou-se no símbolo global da era de produção *Lean*. Esta reúne a capacidade de reduzir custos unitários e aumentar a qualidade, oferecendo uma variedade crescente de produtos. “Acreditamos que a produção *Lean* vá superar tanto a produção em massa como os últimos baluartes da produção artesanal em todas as áreas do esforço industrial, para se tornar no padrão universal de sistema de produção no século XXI.” (Womack et al., 1992).

2.1.2 Sistema Produção *Toyota*

O sistema de produção *Toyota* é descrito por Taichii Ohno como o conjunto de várias técnicas que são aplicadas para reduzir os custos de produção. Esta teoria assenta em dois pilares. Estes pilares são: o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka*. O sistema de produção tem origem no controle de qualidade para reduzir os custos, eliminando os desperdícios. É erguido sobre uma base de qualidade de processos e produtos, consistindo em (Wilson, 2010):

- i. Células de produção utilizando produção *pull*;
- ii. Fluxo de materiais equilibrado e sincronizado;
- iii. Produção ao *takt-time*;
- iv. Utilização de *kanban* para reduzir os *stocks*;
- v. Taxa e *mix* de produção nivelados;
- vi. Utilizando *stocks* de segurança e *buffers* para lidar com flutuações internas e externas, mantendo a produção estável;

Com a introdução da filosofia TPS (*Toyota Production System*) na indústria automóvel, toda a empresa está concentrada na melhoria contínua (*kaizen*) em termos de qualidade e custos, através da introdução de equipamentos para redução dos erros (*poka-yoke*), da diminuição dos prazos de entrega e através da criação de um fluxo de produção que aumenta a capacidade em responder rapidamente aos pedidos dos clientes (Plenert, 2007). Liker & Morgan (2006) referem que, desde os anos oitenta, as empresas de todo o mundo consideram a *Toyota* como sendo um modelo para a produção. O tradicional modelo de produção em massa foi gradualmente substituído pelo modelo de produção *Lean*. No entanto, este conceito foi para além do ambiente produtivo, sendo aplicado até em escritórios.

A teoria em que se baseia o Sistema de Produção *Toyota* foi representada por uma casa (Figura 2.1) (J. K. Liker & Morgan, 2006). Esta estrutura tem uma base estável necessária para alcançar os objetivos apresentados no topo da casa, eliminando o desperdício e, conseqüentemente, reduzindo os custos, sendo reforçada pelos pilares que constituem essa casa (Deming, 1982). A base firme consiste numa produção estável (*Heijunka*), em trabalho uniformizado e numa gestão visual. As técnicas *Just-in-time* e o *Jidoka* atuam como os seus pilares fundamentais, orientados para a redução do desperdício através de ações de melhoria contínua, apenas possíveis com o envolvimento das pessoas e do trabalho em equipa. Todos estes elementos contribuem para um produto de elevada qualidade, baixo custo e reduzidos tempos de resposta aos pedidos (Ghinato, 1995).

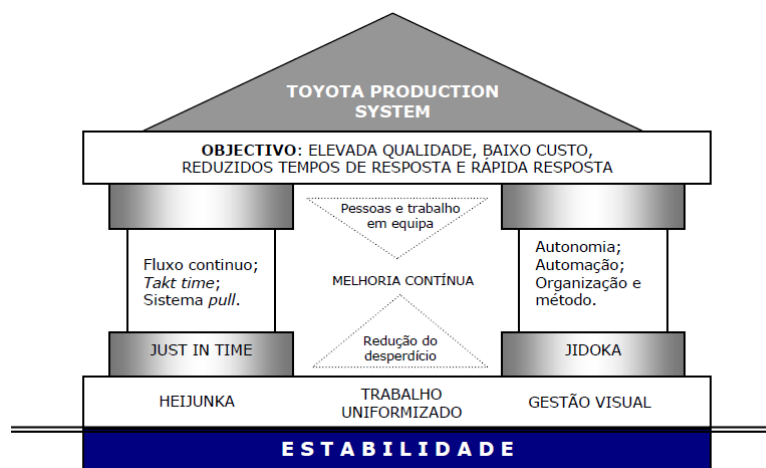


Figura 2.1. Sistema de Produção *Toyota*

Fonte: Pinto (2008)

2.1.3 *Just-in-time*

O primeiro pilar do sistema de produção é o *Just-in-Time* (JIT). Esta técnica consiste em abastecer os componentes necessários, no local e momento exato, o designado controlo de quantidade (Wilson, 2010). Isto permite que todas as atividades de produção se adaptem à procura real do mercado, existindo também um *stock* mínimo necessário para manter o fluxo de produção (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uckikawa, 1977). É essencial que se compreenda que o JIT é um meio para alcançar o objetivo principal do TPS: aumentar os lucros através da completa eliminação de desperdícios (Ghinato, 1995).

Este princípio necessita de um forte planeamento, para que a produção seja desencadeada apenas quando necessário, evitando custos e *stocks* desnecessários (Leite, 2006), que são considerados prejudiciais, tanto a nível de ocupação de espaço, como a nível de investimento e por disfarçar as ineficiências dos processos de produção (Corrêa & Ginanesi, 1993). O *layout* deve ser organizado para

uma máxima flexibilidade de operadores, sendo, por isso, necessário dar formação aos operadores para realizar várias funções (Cheng & Podolsky, 1996).

Os maiores objetivos do JIT são (Cheng & Podolsky, 1996):

- i. Aumentar a competitividade das organizações;
- ii. Aumentar a eficiência dos processos;
- iii. Reduzir o nível de materiais, tempo e esforço desperdiçados envolvidos no processo de produção;
- iv. Identificar e responder às necessidades dos clientes;
- v. Ótima relação qualidade/custo;
- vi. Eliminar desperdícios desnecessários;
- vii. Apontar para o desenvolvimento de relações de confiança entre os fornecedores;
- viii. Desenhar o *layout* para uma máxima eficiência e facilidade de produção.

O aumento da frequência de entregas está diretamente relacionado com a redução do tempo de ciclo e permite reduzir o inventário na linha de montagem. Assim, o *Just-in-Time* recorre a embalagens *standard* de pequenos lotes e que têm a quantidade exata pedida (Cheng & Podolsky, 1996).

Produzir em JIT requer um fluxo contínuo de materiais e de informação coordenados de acordo com o sistema *pull*, em que é o cliente que desencadeia os processos desde a montagem até à matéria-prima, com um tempo o mais próximo possível do tempo de ciclo definido, em função da procura e do tempo disponível (*takt-time*) (Pinto, 2008).

2.1.4 Sistema *Pull*

O sistema de produção *Pull* é uma das principais técnicas utilizadas para evitar excesso de produção pois o que inicia a produção é o consumo do cliente (Wilson, 2010).

Diz-se que um sistema de produção é gerido por um sistema *pull* quando cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permite. O ritmo de procura do cliente final é refletido ao longo de toda a cadeia de abastecimento enquanto a informação de produção flui de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo de materiais (Figura 2.2). Apenas é produzido, o que for vendido, evitando excessos de produção (Pinto, 2014). Ao contrário dos sistemas tradicionais de produção, o sistema *pull* é considerado como uma das principais características do JIT a nível da produção, por ter a capacidade de “puxar” a produção, ou seja, a matéria-prima só entra na operação seguinte se tal material for requerido, puxando a produção ao longo do processo (Corrêa & Ginanesi, 1993).

Taiichi Ohno reconheceu a necessidade de encontrar um compromisso entre o sistema *Push* tradicional e o sistema *Pull* com fluxo unitário. Neste sentido, surge o conceito de *kanban* e supermercado associado ao conceito de produção *pull*. Melton (2005) descreve o *kanban* como um sinal visual ou eletrónico para apoiar o fluxo de produção, “puxando” o produto que se encontra em processo de produção. Por sua vez, o supermercado contém uma reduzida quantidade de *stock* que o operador deve reabastecer mal o cliente (a linha de produção) consuma o lote predeterminado (J. Liker, 2004). Este conceito de supermercado é abordado na secção 2.2.4.

Relativamente a esta ferramenta (*pull*) estão associadas tomadas de decisão, como por exemplo (Coimbra, 2009):

- i. Planear como vão ser organizadas as referências de produto final e componentes;
- ii. Determinar a capacidade necessária na logística e produção;
- iii. Determinar o plano de execução.

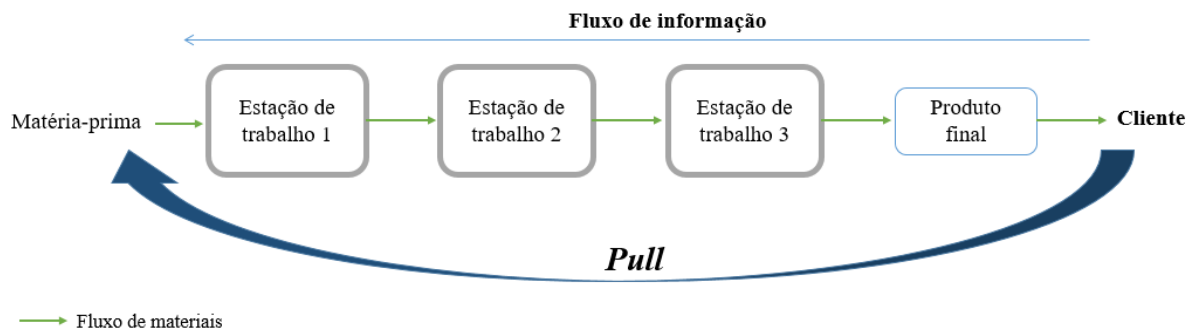


Figura 2.2. Representação do sistema pull

Adaptado de: Hicks (2007) & Pinto (2014)

2.1.5 *Jidoka*

O outro pilar base do TPS é o *Jidoka*, um termo japonês que significa autonomação. Este conceito consiste em todos os operadores possuírem a autonomia para parar o processamento ou a linha de produção, sempre que for detetada qualquer anormalidade ou um produto defeituoso (Gao & Low, 2013). O objetivo é impedir a origem e o alastramento de defeitos ao longo da linha de produção, sendo eliminada qualquer anormalidade no processamento do fluxo de produção. O problema ocorrido é identificado, desencadeando-se esforços para identificar a causa e adotar medidas para evitar o reaparecimento do problema (Ghinato, 2007).

Tecnicamente, *Jidoka* é uma metodologia de melhoria contínua que usa técnicas como *poka-yoke* (dispositivo para evitar a ocorrência de defeitos), *andons* (ferramenta que utiliza sinais luminosos para indicar o status do processo) e 100% de inspeção realizada por máquinas. É o conceito de que nenhum

produto defeituoso passa para o próximo processo para evitar e reduzir os custos com defeitos (Wilson, 2010).

2.1.6 *Heijunka*

A palavra *Heijunka* tem como significado tornar suave ou estável. Quando associado a um ambiente de produção refere-se ao conceito de nivelamento da produção. Este nivelamento alcança-se através do planeamento das operações e do sequenciamento de pedidos num padrão repetitivo de curta duração, mas que está relacionado com a procura a médio e longo prazo (Pinto, 2014).

Este processo tem como objetivo nivelar o volume de produção considerando os tipos de produtos e o tempo de produção. Através da concretização destes, o sistema *heijunka* consegue produzir peça a peça de acordo com um tempo padrão, acomodando um volume e um *mix* de produtos variáveis (Pinto, 2014). Com esta prática são também utilizados pequenos *stocks* de produtos acabados, como *buffers*, tendo em conta possíveis variabilidades da procura (Lander & Liker, 2007).

A produção nivelada possibilita a existência de um fluxo de materiais constante e cadenciado, um balanceamento equilibrado da linha produtiva (Suzaki, 2010), aumenta a eficiência produtiva e pode reduzir o armazenamento de peças (Cheng & Podolsky, 1996). A organização consegue, adaptar-se melhor à variedade de produtos e à variação da procura por parte do cliente. Cada produto pode ser produzido numa quantidade fixa por um período de tempo ou a uma taxa constante (Cheng & Podolsky, 1996). Durante um período de produção mais baixo, as atividades produtivas podem ser organizadas por forma a transferir operadores para outras funções (Monden, 1983).

A existência de múltiplos modelos de um produto é uma característica da produção *Lean*. Para alcançar o nivelamento convenientemente é necessário utilizar um quadro *heijunka*, para agendar o nivelamento da produção dos vários modelos ou do tempo de abastecimento das peças (Figura 2.3) (Wilson, 2010). Considerando que existe um *takt-time* de 4 minutos para a peça A e uma quantidade de peças por embalagem de 10 unidades, o abastecimento deve ser realizado em intervalos de 40 minutos.

É comum a existência de contadores ou relógios para ajudar os operadores, e avisá-los se o processo abrandou por qualquer razão (os chamados *pacemakers*). Em adição, o conceito de transparência da produção *Lean* tem a normalização dos processos como um elemento-chave, para que o supervisor possa avaliar como está a performance do processo e ajudar, se for o caso (Wilson, 2010). A normalização do trabalho é, assim, um conceito que está diretamente relacionado com o *heijunka* (Jones, 2006).

Peça	Procura	Quantidade/Embalagem (un)	Takt-time (min)	Tempo de abastecimento (min)
A	120	10	4	40
B	60	10	8	8
C	60	20	8	160



	08:00	08:40	09:20	10:00	10:40	11:20	12:00	12:40	13:20	14:00	14:40	15:20
A												
B												
C												

Figura 2.3. Programação de um *Heijunka Box*

Adaptado de: Freire (2008)

2.1.7 Kaizen/Melhoria contínua

As palavras japonesas *kai* (mudança) e *zen* (bom) originaram a palavra *Kaizen*, que significa mudança para melhor (Scroll & For, 2012).

Idealmente, a filosofia *Kaizen* consiste em melhorar a situação existente, eliminando os desperdícios com base em soluções de baixo custo e criatividade, envolvendo todos os colaboradores, desde a gestão de topo aos operários. O objetivo supremo desta filosofia é a criação de valor através da eliminação de desperdício (Coimbra, 2009). Segundo Masaaki Imai, fundador e presidente do Instituto *Kaizen*, “*Kaizen* não é apenas melhoria contínua, mas a melhoria todos os dias, em todo o lado, para toda a gente, sendo um modo de vida das organizações modernas em que a melhoria contínua é um hábito diário” (Imai, 1994). A melhoria continua incentiva o trabalho em equipa, originando um crescimento pessoal devido à troca de experiências como ideias inovadoras, sendo o resultado do esforço organizado (Imai, 1994). Para que a *performance* seja melhorada é necessário, por vezes, mudar procedimentos, mentalidades, metodologias ou *layouts*.

2.1.8 Criação de Valor

Todas as atividades numa indústria dividem-se em dois tipos fundamentais: os que acrescentam valor e os que não acrescentam valor. Sendo que, pode definir-se acrescentar valor como “qualquer atividade que transforma o produto ou serviço em valor para o cliente” (Amaro & Pinto, 2006). O valor que as organizações geram destina-se à satisfação simultânea de todas as partes interessadas (*stakeholders*). Assim, para criar valor para os seus *stakeholders*, uma organização deve concentrar-se

nas atividades que vão ao encontro dessa satisfação, procurando eliminar todas as formas de desperdício. É estimado que mais de 95% do tempo de uma organização é despendido na realização de atividades que não acrescentam valor. Como consequência, 40% dos custos resultam da administração de atividades consideradas desperdício (Pinto, 2014).

O valor pode ser definido, unicamente, pelo cliente final. É o cliente que define o que está disposto a pagar, e o cliente não tenciona pagar por desperdícios (Womack & Jones, 2003), pelo que se deverá obter um processo, que realize apenas o que o próximo processo requisita, se for mesmo necessário. Todos os processos desde a matéria-prima até o consumidor final estão interligados, com prazos curtos, contribuindo para uma maior qualidade e custos menores (Rother & Shook, 2009).

As atividades que acrescentam valor, seguem os seguintes critérios (Wilson, 2010):

- i. Altera a forma, o tamanho ou a função do produto;
- ii. Algo pelo qual o cliente está disposto a pagar.

Os processos de valor acrescentado, como o próprio nome indica, adicionam valor ao produto, como por exemplo uma montagem num automóvel. Os processos que não acrescentam valor são todas as atividades que o cliente não está disposto a pagar, sendo exemplos, as esperas, os transportes e os defeitos. Portanto, uma melhor maneira de aumentar a quantidade de trabalho de valor acrescentado é ao reduzir o desperdício. Ao aplicar *Kaizen*, as empresas podem remodelar a composição do trabalho, por forma a reduzir os desperdícios e o trabalho imprevisível. A Figura 2.4 ilustra a transformação de trabalho imprevisível e casual e desperdício para trabalho de valor acrescentado (Chen, Li, & Shady, 2010). Relativamente à criação de valor, o tempo total necessário para fazer o produto está dividido em (Wilson, 2010):

- i. Tempo de valor acrescentado: O tempo pelo qual o cliente está disposto a pagar;
- ii. Tempo sem valor acrescentado, dividido em:
 - i. Desperdício puro: Atividades que podem, e devem, ser reduzidas ou eliminadas;
 - ii. Desperdício necessário: Atividades que não podem ser reduzidas devido a regras de trabalho ou tecnologia.

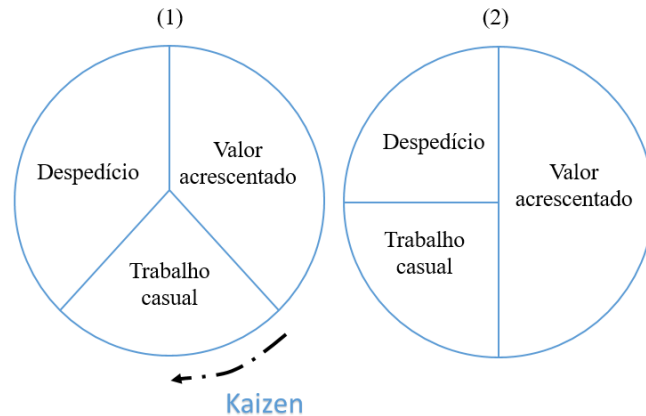


Figura 2.4. Composição do trabalho antes (1) e após um evento *Kaizen* (2)

Adaptado de: Chen et al. (2010)

2.1.9 Fontes de desperdício

O princípio do não custo baseia-se na premissa de que a definição do preço final de venda é ditado pelo mercado. Assim a única forma de originar lucro com este princípio é reduzindo os custos, ou seja, eliminando desperdícios (Shingo, 1982). Para combater o desperdício, deve começar-se por classificar as suas diferentes formas. Para isso, é necessário ter em consideração dois tipos de desperdício (Pinto, 2014):

- i. Puro desperdício: Atividades totalmente dispensáveis, como por exemplo, deslocações, paragens e avarias. O puro desperdício chega a representar 65% do desperdício nas organizações;
- ii. Desperdício necessário: Atividades que têm de ser realizadas, embora não acrescentem valor. Exemplos: inspeção da matéria-prima comprada, realização de *setups*, entre outros.

Tal como exposto na secção 2.1.8, qualquer atividade sem valor acrescentado para o cliente deve ser encarada como desperdício e assinalada para eliminação. Por sua vez, define-se desperdício como “todas as atividades que aumentam o custo, o tempo e não criam valor”. Sendo este conceito geral, é pertinente classificar o desperdício em grupos (Figura 2.5) que permitam uma identificação mais fácil no terreno (Pinto, 2014):

- i. Muda (desperdício de capacidade): Desperdício refere-se a todas as componentes do produto e/ou serviço que o cliente não está disposto a pagar;
- ii. Mura (variação e inconsistências): É eliminado através da adoção do sistema *JIT*, procurando fazer apenas o necessário quando pedido;

- iii. **Muri (excesso):** É eliminado através da uniformização do trabalho, garantido que todos seguem o mesmo procedimento, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis.

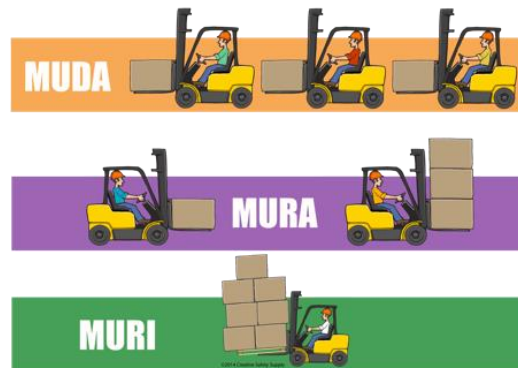


Figura 2.5. Os três MUs (Muda, Mura e Muri) identificados no sistema TPS

Fonte: Creative Safety Supply (2016)

Tal como Peter Drucker (1980) afirmou: “Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca deveria ser feito”.

Foram identificados por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, sete tipos de desperdícios mais comuns nos contextos de produção, que resultam em custos excessivos:

- i. **Sobreprodução:** considera-se o desperdício mais grave. Trata-se de produzir a mais do que realmente se precisa, acumulando *stock*. Habitualmente, tem origem na antecipação da produção, elevada percentagem de erros e a criação de *stock* para compensar o número de defeitos. O excesso de produção, para além de consumir matérias-primas, resulta na ocupação desnecessária de recursos e aumento de custos inerentes ao processo produtivo (Pinto, 2013);
- ii. **Tempos de espera:** refere-se tanto ao tempo de Homem como ao tempo de Máquina. Esperas devido a avarias, esperas de material, *setup* e troca de ferramentas devem ser eliminadas. Podem ser devidas a: problemas de transporte, diferença de ritmos de produção a jusante e montante, problemas de *layout* e fluxo obstruído (por exemplo, avarias). O nivelamento de operações (*heijunka*), otimização do transporte e movimentações ou manutenções preventivas são algumas das soluções para reduzir este tipo de desperdício (J. Liker & Meier, 2005; Pinto, 2013);
- iii. **Transporte de materiais:** Qualquer movimentação ou transferência de materiais, peças montadas, peças acabadas, por qualquer razão. Não se espera eliminar todas as transferências, mas sim reduzir as distâncias. Este desperdício existe, normalmente, quando um *layout* está desorganizado ou mal concebido. Para mitigar este desperdício

devem considerar-se melhorias de *layout* e sincronização de processos e meios de transporte (Pinto, 2014; Suzaki, 2010);

- iv. Excesso de *stocks*: Armazenamento de matérias-primas, produtos intermédios ou produtos acabados representam capital empatado (Melton, 2005). Quando o *stock* é elevado, este esconde muitas ineficiências. Assim, a empresa pode mais facilmente responder a variações na procura, atrasos de fornecedores, *setup* time (tempo de arranque de uma máquina ou processo) e faltas de qualidade que poderão existir nos produtos produzidos. O excesso de *stock* requer espaço, movimentações e aumenta custos (J. Liker & Meier, 2005; Ohno, 1988b);
- v. Processo: Referem-se a operações e processos que não são necessários. Um aumento dos defeitos pode ser consequência de operações ou processos incorretos. A falta de formação ou uniformização pode também provocar desperdícios de processo. Isto pode ser minimizado através da automatização, da formação de colaboradores ou, ainda, pela substituição de processos por outros mais eficientes (Pinto, 2013);
- vi. Movimentos: devem ser minimizados qualquer tipo de movimentos dos operadores, que não acrescenta valor ao produto e que são devidos a uma má conceção de um posto de trabalho. Algumas soluções para a redução dos movimentos passam por melhoria de *layouts* e do fluxo de materiais, distribuição de tarefas e padronização do trabalho (Pinto, 2013).
- vii. Defeitos: A definição de desperdício inclui os defeitos ou problemas de qualidade. Os defeitos aumentam as inspeções e *stocks*. Em consequência, a produtividade diminui e o custo dos produtos e serviços aumenta (Pinto, 2013).

2.1.10 Trabalho Uniformizado

A uniformização de processos é um dos aspetos mais importantes na filosofia *Lean*. Uniformizar, normalizar ou estandardizar significa realizar os procedimentos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas (Pinto, 2014). Para reduzir custos relativos à produção, não só existe a necessidade de diminuir desperdícios como, ainda, se deve eliminar ineficiências de produção, como o excesso de *stock* e de operadores. O trabalho uniformizado tem os seguintes objetivos (Monden, 1983):

- i. Alcançar a elevada produtividade através de trabalho eficiente, sem movimentos desnecessários e desperdícios;
- ii. Alcançar um balanceamento ótimo entre todos os processos, tendo em conta o *mix* de produção. Para que tal aconteça, deve considerar-se o tempo de ciclo com as operações normalizadas. Com a implementação de trabalho uniformizado a empresa pode melhorar a sua adaptação à variação de tempo de ciclo;
- iii. Considerar apenas a quantidade mínima estritamente necessária para o processo (quantidade *standard* de WIP), contribuindo assim para a eliminação de *stocks* excessivos.

De entre as variadas vantagens, destacam-se o aumento da previsibilidade dos processos, a redução de desvios e menores custos (Pinto, 2014). O trabalho uniformizado é evidenciado pela folha de trabalho normalizado, que especifica o tempo de ciclo, as rotinas das operações a desempenhar pelo operador do posto de trabalho em questão e a quantidade de WIP estritamente necessária ao processo. Esta folha costuma estar anexada junto a cada posto de trabalho para a verificação de todos os operadores, reduzindo as operações desnecessárias (Monden, 1983). É, também, a base para se poder implementar uma cultura de melhoria contínua (Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014). A normalização de um determinado processo é um passo fundamental em qualquer implementação *Lean*. É, além do mais, considerada a base de qualquer tipo de esforço direcionado para manter a melhoria implementada efetiva e funcional. A noção de normalizar um processo deve servir como a base na qual é assente a os esforços de medição de trabalho (J. Liker & Meier, 2005).

O trabalho normalizado, definido por Ohno, tem os seguintes elementos: o tempo de ciclo, as sequências de trabalho e o *stock standard*. Através do trabalho normalizado é possível fazer o controlo do trabalho e prestar apoio aos operadores, se necessário (Wilson, 2010).

O ponto essencial na imposição de normas de produção é encontrar o compromisso entre procedimentos rígidos mas que concedam espaço para a criatividade e inovação (Huntzinger, 2006). As normas devem ser específicas o suficiente para serem úteis como guias, mas permitir aos colaboradores inovar e melhorar o processo (Liker, 2004).

2.1.11 Métricas de desempenho

Takt-Time e Tempo de ciclo

A palavra *takt* provém da língua alemã, que significa “compasso”. O *takt* é a taxa da procura do cliente - a taxa à qual o cliente está a comprar o produto. Por exemplo, se a fábrica trabalha 440 minutos por dia, durante 20 dias por mês, e o cliente compra 17 600 unidades por mês, então a produção deveria ser de 880 unidades por dia, ou seja, uma unidade a cada 30 segundos (J. Liker, 2004). Por sua vez, o tempo de ciclo é definido em função de dois elementos: os tempos unitários de processamento em cada posto de trabalho e o número de operadores. Genericamente, o tempo de ciclo consiste no tempo necessário para a execução do trabalho no produto em processo de produção, isto é, em condições de abastecimento constante, corresponde ao intervalo de tempo entre o início de produção de dois produtos sucessivos do mesmo modelo (Alvarez & Antunes Jr., 2001). Para Ohno (1988a), esse conceito é equivalente ao *takt-time*, no qual é obtido pela razão entre o tempo diário de operação e o número de produtos requeridos por dia.

Em suma, o *takt-time* deve definir o tempo total necessário para cada matéria-prima concluir todo o seu processo de fabrico, para satisfazer as necessidades dos clientes no prazo estabelecido, originando uma meta para cada fase do processo (Liker & Meier, 2007), tornando-se numa ferramenta muito útil para planeamento da produção, porque é possível prever a produção relativamente à procura do mercado e, consequentemente, a existência ou não de *stock*. Se o tempo de ciclo das operações for inferior ao *takt-time*, temos formação de *stock*. O equilíbrio dos dois tempos é o ideal para uma produção sem desperdícios (Ohno, 1988a).

Eficiência

A eficiência avalia a capacidade de um sistema em alcançar objetivos. É uma medida orientada para sistemas humanos (Pinto, 2014):

$$E = \frac{\text{Resultados alcançados}}{\text{Resultados esperados}} \times 100 \% \quad (1)$$

Esta medida refere-se à relação entre os resultados alcançados (*output*) e os resultados esperados (objetivos ou metas). Esta pode, também, ser medida através da seguinte equação (Pinto, 2013):

$$E = \frac{\text{Tempo padrão}}{\text{Tempo actual}} \times 100 \% \quad (2)$$

O tempo padrão refere-se ao tempo esperado para a realização de um produto ou tarefa. Ambas as equações geram os mesmos resultados. Aplicando o cálculo da eficiência a um balanceamento de operações e na determinação do número de operadores, a eficiência de balanceamento é dada por (Cabeças, 2015a):

$$\text{Eficiência máxima de balanceamento} = \frac{\sum \text{Tempo de operações}}{\text{Tempo de ciclo do projeto} \times \text{Número teórico mínimo de operadores}} \quad (3)$$

O tempo de ciclo de projeto é o tempo de expedição de cada unidade do produto para o cliente.

Disponibilidade

A disponibilidade mede a relação entre o tempo útil e o tempo disponível (Pinto, 2014).

$$D = \frac{\text{Tempo útil}}{\text{Tempo disponível}} \times 100 \% \quad (4)$$

A figura que se segue ajuda a clarificar as diferenças entre os tempos.

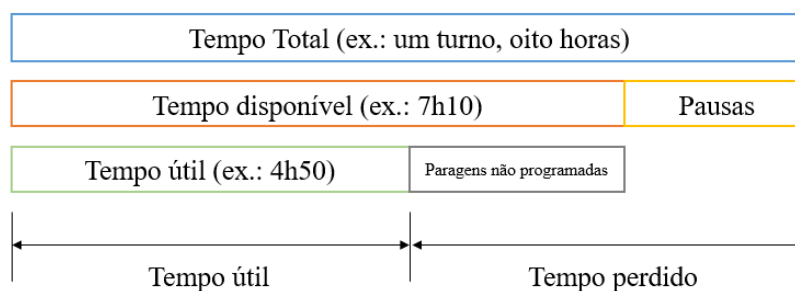


Figura 2.6. Relação entre os tempos envolvidos nas operações

Fonte: Pinto (2013)

2.2. Logística interna das empresas

Geralmente, em contexto de produção, a logística interna representa 45% dos processos, sendo que as operações de processo representam outros 45% e a inspeção constitui os restantes 10% (Shingo, 1982). Como já foi abordado na secção 2.1.9, as esperas devido a transporte são consideradas um desperdício e podem ser adotadas várias estratégias para o reduzir (Wilson, 2010).

Numa cadeia de abastecimento, o armazenamento estabelece o fluxo de material entre o fornecedor e o cliente. Desta forma, um armazém é uma instalação que permite a redução do custo de transporte, alcançar economias de escala na produção ou fornecer com uma resposta rápida. Podem ser definidos

vários tipos de armazém: de matérias-primas, de *stock* temporário (WIP), de produtos acabados, entre outros. Os armazéns têm passado por vários desafios como a globalização das operações, uma maior exigência por parte dos clientes e uma rapidez de mudança das tecnologias (Ramaa, Subramanya, & Rangaswamy, 2012).

Na logística interna, a padronização de processos de abastecimento, fundamenta a forma como é realizado o abastecimento com o propósito de qualquer colaborador o efetuar de forma idêntica. Para além de contribuir para a consistência dos processos, leva a uma redução de desvios. Tudo isto contribui para a filosofia constante de melhoria contínua (Pinto, 2013). A logística, tradicionalmente, é vista como uma atividade que não adiciona valor mas nos anos recentes, um número crescente de novos desenvolvimentos tem tornado a logística numa atividade crítica para a rentabilidade (Lu, McFarlane, Giannikas, & Zhang, 2016). As estratégias competitivas das organizações foram mudando paradigmas e a forma como as suas atividades logísticas são desenvolvidas. Muitas destas eram consideradas como fontes de custos porque não influenciavam o produto. Hoje, são encaradas como novas oportunidades para adicionar valor e reduzir custos, como função integrada noutras áreas da organização (Monteiro, Lelis, & Rodrigues, 2010).

2.2.1 Integração da logística com a produção

A logística está diretamente integrada com as áreas de produção, pois o seu desempenho afeta significativamente o resultado da produção no que se refere ao abastecimento das linhas de produção e ao fluxo do *stock* temporário (WIP) (Monteiro et al., 2010).

Na indústria automóvel, as estratégias de organização são continuamente avaliadas em termos de facilitar o trabalho dos operadores e minimizar o tempo sem valor acrescentado, resultando no uso de embalagens mais pequenas nas estações de trabalho, em vez de paletes grandes. De Koster et al. (2007) relaciona o *order picking*, o processo de retirar os materiais dos locais de armazenamento para satisfazer as ordens dos clientes, com o *picking* manual nas linhas de produção, ressaltando recentes tendências, como o aumento da importância de pequenos lotes, a entrega no local de utilização (POF - *Point of Fit*), a customização de ordens e produtos e a redução de tempo de ciclo (Wänström & Finnsgard, 2013).

A logística interna das empresas passou a ser uma estratégia de competitividade de grande importância (Monteiro et al., 2010), devido ao aumento no número de variantes e opções nos modelos produzidos. A avaliação da eficiência logística e a gestão do desempenho logístico permitem quantificar o estado vigente e aplicar potenciais melhorias logísticas, alinhadas com os últimos conceitos logísticos, maioritariamente baseados na logística *Lean*. A limitação de espaço na linha de montagem conduz à necessidade de *picking* e sequenciamento das peças, típicos no sistema de produção *Lean* (Dornhofer, Schroder, & Gunthner, 2016).

O manuseamento de material, o transporte devido à configuração do *layout* constituem cerca de 20 a 50% do total dos custos operacionais num sistema produtivo. A redução destes custos torna-se uma evidente oportunidade de melhoria que pode ser alcançada através da otimização das distâncias e fluxos de materiais entre áreas produtivas, potencializando um melhor desempenho do sistema produtivo e logístico (Hale, Huq, & Hipkin, 2012). O arranjo físico da instalação produtiva tem como preocupação o posicionamento dos processos e dos materiais, bem como dos fluxos envolvidos nos mesmos, tendo um impacto significativo na performance do sistema de produção (Monteiro et al., 2010).

2.2.2 Tipos de sistemas de armazenamento e abastecimento

Segundo Zaerpoura, Kostera, & Yub (2013), existem vários métodos para a atribuição dos produtos a localizações de armazenamento. É comum a utilização de políticas de armazenamento, sendo as mais comuns:

- i. Aleatória: Cada localização tem uma probabilidade igual de acomodar uma unidade de produto que deu entrada no armazém;
- ii. Por classes: O local de armazenamento de um produto é baseado na frequência da procura do mesmo. As unidades são classificadas individualmente através da relação entre a frequência de procura e a distância da localização de armazenagem até à doca, por ordem crescente. Para este tipo de classificação é utilizada análise ABC;
- iii. Baseada no volume total de negócios: Os produtos são divididos de acordo com o volume de negócios que representam. Os que têm um maior volume de negócios ficam armazenados em localizações perto do local de recolha, o que permite uma maior rapidez de resposta. Ao contrário da armazenagem aleatória, a atribuição de classes aos produtos e a localização de produtos com maior frequência leva à redução no tempo de recolha das mesmas.

A classificação ABC é o método mais comum para atribuir as localizações dos materiais. Esta técnica permite identificar, num conjunto de produtos, quais os mais importantes de acordo com um critério de seleção, tendo em conta a taxa de rotação do *stock* e vai de encontro ao princípio de Pareto em que são definidas três classes distintas A, B e C (Fu, Chen, Hung, & Peng, 2012). Após esta classificação é necessário determinar qual a melhor configuração das localizações dos produtos na *rack* ou na estante. As configurações podem variar de acordo com a distribuição das localizações: ABC horizontal, ABC vertical, aleatória, entre outras (Chan & Chan, 2011). Para efetuar essa análise é necessário ter em consideração o tempo que um pedido demora a ser recolhido no armazém. Para o primeiro nível, o abastecedor apenas se desloca horizontalmente. Para níveis superiores, aos quais o abastecedor só alcança com auxílio de uma escada ou empilhador, existe, também, deslocação vertical (Chan & Chan, 2011).

O método de abastecimento de linha de troca de embalagem cheio por vazio é bastante utilizado num contexto de produção. Neste método, a própria embalagem, quando consumida, serve como um sinal de aviso da necessidade de ser reabastecido. Para além esta vantagem, existem outras como a possibilidade de o sistema ser realizado através do comboio logístico com rotas padronizadas calculadas através do *mix* de produção e otimização da carga de trabalho dos abastecedores. No entanto, é necessário ter em atenção a necessidade de existir uma melhor coordenação entre a logística e a produção e um maior número de embalagens disponíveis para este sistema (Kaizen Institute, 2010).

2.2.3 Importância do *layout* de armazém

A definição de *layout*, de uma forma simplificada, é a organização de um armazém, máquinas ou equipamentos para desempenhar um determinado processo (White & Francis, 1974). Um *layout* ideal procura minimizar a distância total percorrida pelo operador com uma movimentação eficiente, e com a maior flexibilidade possível. Antes de se implementar o planeamento do *layout* é necessário obter toda a informação relativa ao espaço a planear e relativa aos produtos e matérias-primas existentes. É importante saber qual a área de armazenagem, o *stock* máximo e médio, o volume de expedição e receção e também o método de movimentação dentro do armazém (Tompkins, 1996).

Segundo (Feld, 2000), a estratégia para um *layout* adequado passa por:

- i. Garantir um fluxo contínuo;
- ii. Reduzir desperdícios devido a deslocações;
- iii. Eliminar armazenamento entre operações;
- iv. Eliminar manuseamentos duplos e triplos;
- v. Colocar os componentes o mais perto possível do local de uso;
- vi. Variar tarefas para evitar repetições de movimentos;
- vii. Eliminar todo o tempo de espera;
- viii. Dispor máquinas e equipamento de acordo com a sequência de operação.

A organização pode aumentar as suas vantagens ao reduzir desperdícios no armazenamento e transporte, resolvendo problemas na qualidade e melhorando a produtividade (Cheng & Podolsky, 1996).

2.2.4 Supermercados em processos produtivos

Os supermercados são áreas de armazenamento dinâmico estrategicamente localizados que devem permitir um abastecimento rápido e ergonómico de componentes às linhas de produção (Pinto, 2014). Correspondem a localizações dedicadas e com organização espacial fixa que armazenam pequenas quantidades de cada tipo de material (Coimbra, 2009). Ao conceber o *layout* do supermercado, devem

dividir-se os corredores em dois tipos: de abastecimento e de recolha (*picking*). O primeiro é utilizado para repor os itens previamente recolhidos, com materiais provenientes do armazém, enquanto o último é utilizado para abastecer as linhas, fazendo a recolha dos itens indicados em cada *kanban* (Pinto, 2014).

A ideia de supermercado surgiu depois de Taiichi Ohno observar a existência de uma grande variedade de produtos, em que os clientes vão consumindo de acordo com as necessidades, colocando-os num carrinho. Paralelamente, o produto retirado é reabastecido pelo funcionário com os produtos existentes no armazém da loja (Ohno, 1988b). Industrialmente, o procedimento é análogo a um supermercado real, uma vez que o operador que abastece a linha de produção procede como o cliente, deslocando-se ao supermercado de abastecimento e colocando o material necessário no seu “carrinho”. Posteriormente, um outro operador volta a repor esse material no mesmo local, no supermercado. Assim, o cliente obtém o que necessita, na quantidade correta (Pinto, 2014). Quando concebido, a sua estrutura deve adaptar-se aos processos com os quais se relacionam diretamente (Coimbra, 2009). Os supermercados, em que cada referência tem uma localização fixa, proporcionam um *picking* ergonómico, permitem a gestão visual e respeitam o princípio FIFO (*first in first out*, garante que os materiais que são consumidos em primeiro lugar são os que estão armazenados há mais tempo) (Grant, Ellram, Stock, & Lambert. Douglas M., 2005).

A implementação deste conceito conduz a diversas vantagens como a troca de embalagem realizada no momento exato em que o operador necessita e a simplicidade no controlo visual como embalagem vazio ou cartão *kanban*. No entanto, necessitam de uma grande área disponível, próxima da linha de produção e de manter o *stock* de todas as peças necessárias, agravando-se no caso da variedade de peças ser grande (Gonçalves, 2006). A sequência diária necessária é comunicada pelo sistema de informação aos fornecedores. Esta informação vai ser depois impressa em etiquetas que especifica os detalhes das peças a serem montadas na linha de produção (Monden, 1983). A Figura 2.7 apresenta as diferentes etiquetas existentes nas embalagens e nos supermercados. A visão do *Mizusumashi* refere-se à informação que o operador do comboio logístico necessita de ler e a visão do abastecedor refere-se à informação destinada ao operador que abastece o supermercado.

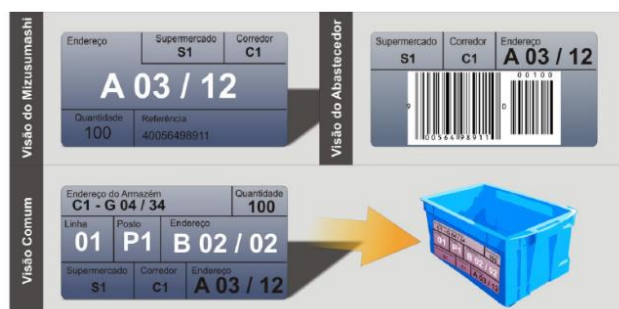


Figura 2.7. Etiquetas visíveis no supermercado

Fonte: Freire (2008)

2.2.5 Comboio logístico de abastecimento à produção

O comboio logístico é um meio de transporte de materiais, usado para abastecer as áreas de produção. Nele estão acopladas várias carruagens para transportar materiais, peças e ferramentas. Os materiais são fornecidos para a linha de produção, em intervalos de tempo regulares, e seguindo sempre a mesma rota (Pinto, 2014).

As principais funções do comboio logístico são (Pinto, 2014):

- i. Satisfazer os pedidos de recolha baseados em listas de recolha (*picking*) ou *kanban*;
- ii. Recolher as caixas/embalagens vazias existentes nas áreas de trabalho;
- iii. Reunir os materiais/componentes necessários no armazém;
- iv. Repor os componentes na linha de produção.

O abastecimento às linhas de produção pode ser executado pelo método tradicional, na qual um empilhador é responsável por abastecer a linha de produção mediante as necessidades da linha. Este método provoca desordem para o operador, pois tem de memorizar qual a atividade a realizar, devido à inexistência de uma sequência de operações definida, tornando difícil calcular se o abastecimento está em atraso. Além disso, as deslocações em vazio por parte dos empilhadores representam um elevado desperdício (Freire, 2008). Por outro lado, o abastecimento pode ser executado pelo comboio logístico, que transporta as matérias-primas (em atrelados) nas quantidades definidas, em tempos de ciclos fixos e pontos de paragem obrigatórios. Normalmente, o comboio logístico está associado ao uso de cartões *Kanban* para controlar as necessidades de abastecimento, estando, por isso, intimamente ligado ao conceito de *Just-in-time* (Ichikawa, 2009). O tempo de abastecimento é calculado considerando o tempo de trajeto e o tempo necessário para o processamento das atividades nas estações respetivas. Dado que é responsável pela movimentação do material, o comboio logístico transporta informações relacionadas com o abastecimento (Coimbra, 2009).

O comboio logístico representa um importante meio de criação do fluxo da logística interna. É o mais eficiente pois segue as rotas pré-definidas em concordância com as necessidades da produção e elimina muito dos desperdícios de transporte (Kovacs, 2010). Pode funcionar a partir de uma lista de prioridades ou como circuito fixo. O operador a partir de uma lista de prioridades executa as ordens de trabalho consoante a tarefa que estiver pendente, portanto não existe uma sequência na operação, levando a desperdícios a nível de deslocações. Por outro lado, com o circuito fixo, o operador verifica os vários *check-points* incluídos num circuito definido, onde é possível, por parte do operador, identificar se existem ou não tarefas a ser efetuadas (Almeida, 2015).

Para a criação da rota otimizada é necessário definir os seguintes passos (Coimbra, 2013):

- i. Estabelecer uma lista com as tarefas que serão realizadas;
- ii. Fazer um estudo dos tempos de cada tarefa;
- iii. Definir uma rota circular;
- iv. Identificar os locais de paragens;
- v. Dimensionar um comboio logístico adequado às rotas;
- vi. Testar o comboio logístico vazio;
- vii. Garantir que os supermercados estão preparados;
- viii. Selecionar os operadores para desempenhar as tarefas;
- ix. Implementar o comboio logístico para avaliação;
- x. Criar rotinas para que os operadores que desempenham a função de abastecimento à linha não cometam erros de abastecimento.

Este sistema confere uma enorme flexibilidade, ao facilitar as mudanças de rota de distribuição ou o arranjo físico da fábrica (Pinto, 2014).

2.2.6 Bordo de linha

O bordo de linha pode ser considerado como a interface entre os processos de logística interna e de produção (Coimbra, 2009). É o local do qual o operador retira os materiais de que necessita para proceder a uma operação (Gonçalves, 2006).

O bordo de linha delimita as localizações na linha de produção, onde o comboio logístico abastece a matéria-prima para ser consumida, com as quantidades exatas. Os bordos de linha devem ser otimizados com a finalidade de minimizar as distâncias percorridas pelos operadores, que não acrescentam valor ao produto (Coimbra, 2009).

Um bordo de linha deve obedecer aos critérios seguintes (Coimbra, 2009):

- i. Localização o mais próximo possível do processo de forma a minimizar os movimentos dos operadores da linha de montagem na recolha;
- ii. Localização que minimize o movimento dos operadores responsáveis pelo abastecimento;
- iii. O tempo necessário para mudar de componentes deve ser reduzido;
- iv. A tomada de decisão para abastecer bordo de linha deve ser clara e imediata.

O estudo dos bordos de linha tem um papel fundamental nas melhorias significativas dos processos de abastecimento às linhas de montagem. O conceito de bordo de linha está associado ao conceito de utilização de embalagens pequenos, segundo Euclides Coimbra (2009).

2.2.7 Recolha de pedidos (*Order Picking*)

O *order picking* é um processo que consiste na recolha de material do armazém com objetivo de satisfazer a procura, quer interna, quer externa (Blanchard, 2007). É um dos processos com maior relevância para a produtividade de um armazém e consequentemente onde as melhorias são mais significativas (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Geralmente, a recolha (*picking*) é efetuada através de uma lista que contém informação de todos os materiais a serem recolhidos do armazém para satisfazerem uma ordem específica de produção. É estimado que este processo possa representar os 65% dos custos operacionais de um armazém e, por isso, a sua otimização é crucial para reduzir custos. Na maioria dos armazéns, a solução utilizada para a otimização do sistema de *order picking* consiste na criação de uma sequência de recolha de forma a reduzir o tempo de deslocação (Alonso-Ayuso, Tirado, & Udías, 2013).

O objetivo mais comum de qualquer *order picking* é maximizar o nível de serviço. Fatores como a variação do tempo de entrega, integridade e eficiência são objeto de estudo para as restrições de trabalho, máquinas e capital (Lu et al., 2016). A receção, o armazenamento, a recolha e a expedição são consideradas como as principais operações logísticas (Palevich, 2012). Assim, a otimização do processo de *picking* consiste em alcançar a distância mínima total percorrida pelo operador que realiza a recolha (*picker*) ou minimizar o custo total de manuseamento. A resolução deste problema consiste em determinar a sequência ótima e a rota ideal para a recolha do material requisitado, estando diretamente ligados à organização do *layout* do armazém e métodos de trabalho (Lu et al., 2016).

O tempo de processamento do pedido, é assim dividido em (Henn, Koch, & Wäscher, 2011):

- i. Tempo de deslocação: Tempo de deslocação do ponto de entrega à localização da recolha e desta ao ponto de entrega;
- ii. Tempo de procura: Tempo que demora a localizar e identificar os produtos;
- iii. Tempo de recolha (*picking*): Tempo de recolha dos produtos;
- iv. Tempo de preparação do abastecimento (*setup*): Tempo consumido entre tarefas administrativas e de *setup* no início e no fim de cada viagem de *picking*, incluindo a recolha de um dispositivo de *picking* vazio e retorno do mesmo.

Os diferentes métodos de recolha de pedidos dividem-se em:

- i. *Picking* discreto (*Picker-to-order*): É o método mais utilizado, consiste na recolha da totalidade dos produtos de um pedido (*order*), levando o abastecedor percorrer todo o armazém até completar o pedido. Quando a dimensão do número encomendas é pequena, este método torna-se desvantajoso uma vez que se despende demasiado tempo na deslocação (Rushton, Croucher, & Baker, 2011);

- ii. *Picking* por lotes (*Batch Picking*): Vários pedidos são recolhidos numa só viagem, agrupando-os em lotes. Estes lotes necessitam de ser separados posteriormente consoante o cliente a que se destinam (de Koster, Le-Duc, & Zaerpour, 2012);
- iii. *Picking* por zona (*Zone Picking*): Existe uma divisão do armazém em diversas zonas, as quais têm um abastecedor atribuído, que se dedica exclusivamente à sua zona. Este método pode ser vantajoso, no sentido em que com a rotina os abastecedores acabam por se familiarizar com as localizações dos produtos (de Koster et al., 2007);
- iv. *Picking* por onda (*Wave Picking*): Ao longo de um turno de trabalho, existe um agendamento da recolha de artigos, repetindo-se ao longo do dia (Sproull, 2009).

O número de localizações disponíveis é menor do que o número total de embalagens a chegar ao armazém, diariamente. Isto significa que, primeiramente, as embalagens localizados no local de armazenamento têm de ser recolhidos (Burinskiene, 2015).

2.2.8 Fluxo de materiais no processo de produção

A movimentação de material é uma atividade sem valor acrescentado para o produto final, mas não pode ser completamente eliminada. A complexidade da análise do fluxo de material aumenta com o aumento da quantidade do produto em diferentes variedades (Beňo, Hrdinová, Sakál, & Šmida, 2013). O termo fluxo de material é definido como um movimento organizado de materiais no processo de produção. Este movimento é expresso pelos seguintes parâmetros (Beňo, Marková, Šmida, & Sakál, 2012):

- i. Frequência: número de transportes por unidade de tempo;
- ii. Intensidade: quantidade transportada por unidade de tempo;
- iii. Distância: distância que o material percorre desde o ponto inicial ao ponto final;
- iv. *Performance*: produto entre a intensidade e a distância do fluxo de material;
- v. Direção;
- vi. Fator de manuseamento: número de operações de manuseamento de material.

No planeamento de um armazém, é importante diminuir a distância de deslocação, tornando os movimentos de materiais contínuos. Existem dois sistemas principais de fluxo de materiais num armazém, o *U-Flow* e o *Through-Flow*. Com o *U-Flow*, o armazém tem as docas de receção e expedição lado a lado tendo o fluxo um formato de “U”, como o nome indica. Por outro lado, no *Through-Flow* o fluxo é em linha reta, tendo a receção e a expedição em locais opostos (Scott, Lundgren, & Thompson, 2011). Em termos de operações que se realizam no armazém, estas podem ser definidas como:

- i. Receção: Cria registos de *stock*, atribui localizações e docas de expedição (Min, 2007). Tipicamente envolve a descarga de material do camião, a verificação das encomendas e a introdução da informação dos materiais recebidos no sistema. Pode, ainda, incluir atividades como o desempacotamento de certas embalagens num formato apropriado para as operações logísticas seguintes e o controlo de qualidade das embalagens (Rushton et al., 2011);
- ii. Armazenamento (*Put-away*): Manuseamento dos materiais desde um ponto de receção até um ponto de armazenamento (Min, 2007);
- iii. Recolha (*Order Picking*): Recolha de um conjunto de produtos de acordo com um pedido de um cliente, que liberta *stock* do armazenamento para satisfazer esse pedido (Min, 2007). Quando a ordem é recebida, os materiais são recolhidos do armazém na quantidade e no tempo correto para alcançar um nível de serviço elevado (Rushton et al., 2011);
- iv. Embalar e/ou etiquetar: Modo de acondicionar e identificar os produtos individualmente após ser realizado o *picking* (Frazelle, 2002);
- v. Divisão e Agregação: Os produtos recolhidos para um pedido podem ser agrupados em lotes consoante o cliente para que se destinam (Frazelle, 2002);
- vi. Expedição: Entrega do produto final ao cliente (Min, 2007).

O fluxo de materiais no processo de produção deve ser contínuo, isto é, não deve ser interrompido por fatores que impeçam o seu progresso e reduzam a eficiência geral da fábrica (Cheng & Podolsky, 1996). Exemplos desses fatores são o *layout* incorreto e avarias de máquinas (Suzaki, 1987). Segundo Rushton et al. (2011), todos os armazéns devem satisfazer os requerimentos específicos da cadeia de abastecimento à qual pertencem. Não obstante, existem certas operações que são comuns entre a maioria. Estas tendem a ser aplicáveis tanto a armazéns de natureza manual com equipamentos básicos, como a armazéns altamente automatizados.

2.2.9 Buffers

Sempre que há uma variação na produção, é necessário inventário para a compensar e manter a taxa de produção constante (Wilson, 2010). Podem existir três tipos de *buffers* (Pinto, 2014):

- i. Matéria-prima;
- ii. Intermédios (WIP);
- iii. Produto acabado.

O *stock* de produto acabado ou de matéria-prima é um *buffer* que tem como objetivo responder a oscilações de pedidos de clientes (Wilson, 2010). Este *buffer* funciona como proteções, contra a mudança e oscilações na procura (Pinto, 2014). Posto isto, o *buffer* cobre a imprevisibilidade diária ou semanal da procura (Rushton et al., 2011). Os *buffers* intermédios na linha de produção (WIP) são utilizados para lidar com problemas relativos a variações nos sistemas de produção, incluindo a

produção de defeitos, inatividade das máquinas, troca de ferramentas, variações de tempos de ciclo, entre outras. Quando o tempo de ciclo de um determinado processo é inconstante, é criado um *buffer* para garantir que esse processo decorra sem paragens (Wilson, 2010).

Se existir variação de tempos de ciclo entre células de produção, é necessário um *buffer* (WIP) antes e após essa célula, para que quando a produção da mesma seja mais rápida que o *takt-time*, exista material disponível para continuar a produzir, ou para quando produz mais lentamente que o *takt-time*, exista material para a próxima estação. Para reduzir a necessidade de *buffers*, a solução passa por diminuir as variações de tempo de ciclo, para que não haja excessos ou desperdícios de produção (Wilson, 2010).

2.2.10 Operações com empilhadores

Nas operações de armazém, os empilhadores são as máquinas com maior custo de aquisição. Os autores que analisam as operações com empilhadores referem como gerir as operações ao integrar RFID ou como otimizar distâncias ao implementar múltiplas-funções, que são soluções avançadas para aumentar a produtividade (Burinskiene, 2015). Um empilhador ajuda a mover paletes e embalagens ao eliminar a necessidade de levantar e carregar caixas com as mãos. Os empilhadores podem ser classificados através de diferentes métodos, incluindo a fonte de energia, a posição do operador e método de carga. Os motores movidos a bateria estão entre os mais vistos na indústria (Ryan, 2006).

As características a ter em conta na seleção de empilhadores são (Kasilingam, 1998):

- i. O volume de fluxo de material: um grande volume requer a aquisição de empilhadores com características similares;
- ii. A frequência e a calendarização de movimentos: estão relacionadas com o tempo entre mudanças;
- iii. Rotas: fatores como distância, condições ao longo da rota, caminho a percorrer, preço, custos de operação e manutenção, etc. A boa utilização requer que o empilhador seja verificado no fim de cada turno.

A duração das operações realizadas com empilhadores pode ser dividida em (Burinskiene, 2015):

- i. Tempo de deslocação: movimentação entre localizações (distância entre cada embalagem e o local para o qual tem de ser movido);
- ii. Recolha e colocação no local de destino: tempo associado a paragens, procura e recolha da embalagem. Inclui procurar pela localização, recolha, *scanning* da etiqueta e armazenamento;
- iii. Tempo remanescente: Tempo necessário para terminar a tarefa.

2.3. Sistema de tempos pré-determinados: *Methods-Time Measurement* (MTM)

2.3.1 História

Desde o século XVIII, aquando dos primeiros estudos na área de tempos e movimentos, que a determinação dos tempos das operações é uma preocupação das organizações, contribuindo para a melhoria do método de trabalho ao eliminar as operações inúteis que não adicionam valor às atividades em análise (Silveira, Jacob, & Borba, 2002). Os sistemas de tempos pré-determinados são frequentemente utilizados para definir as cargas de trabalho na indústria, quantificando o tempo necessário para executar operações específicas (Di Gironimo, Di Martino, Lanzotti, Marzano, & Russo, 2012).

Frederick Winslow Taylor foi o primeiro a reconhecer a importância da otimização de métodos de trabalho e a necessidade do estudo de tempos de trabalho. Em 1901, dedicou-se à pesquisa de organização do trabalho e foi o primeiro a desenvolver um estudo abrangente da ciência da gestão (German MTM Association, sem data). Durante estes estudos, Taylor verificou que “o trabalho pode ser executado melhor e mais economicamente através da análise do trabalho, isto é, da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa.” (Silveira et al., 2002). Após as constatações de Taylor, Frank Gilbreth e a sua esposa, Lilian Gilbreth, detalharam, ainda mais, as divisões e subdivisões das operações no trabalho industrial, com filmagens e fotografias (Silveira et al., 2002). Deste então outras técnicas foram desenvolvidas por forma a otimizar os tempos de operação. O casal Gilbreth procurou compreender os hábitos de trabalho de operadores de indústrias e encontrar meios para aumentar a produção, tornando o trabalho mais fácil. Gilbreth utilizou uma camera de filmar, calibrada em frações de minutos para captar o menor tempo de movimentos dos trabalhadores (Associação MTM Portugal, 2010). O estudo sobre tempos e movimentos seria utilizado para reduzir o número de movimentos na realização de uma tarefa com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir o cansaço físico dos operadores. Gilbreth procurou tornar os processos mais eficientes, reduzindo os movimentos envolvidos, preocupando-se com os operadores e, assim, deu o impulso para o desenvolvimento da ferramenta *Methods-Time Measurement* (MTM) de movimentos básicos (Novaski & Sugai, 2002).

Os métodos de análise de trabalho foram utilizados na indústria em maior escala a partir de 1930, sendo que o sistema foi consolidado, em 1948, com a publicação do livro “*Methods-Time Measurement*” (Silveira et al., 2002). Este método foi desenvolvido pelos investigadores H. Maynard, G. Stegernerten e J. Schawab, utilizando tempos pré-determinados, sendo amplamente reconhecido como uma ferramenta importante para engenheiros e analistas de tempos e métodos de trabalho. Os investigadores filmaram o trabalho de operadores de vários tipos de indústrias de produção, tendo

decifrado os movimentos de mão e dedos, assim como funções de controlo visual e, mais tarde, movimentos de corpo, pernas e pés. Todos os movimentos elementares presentes da ferramenta MTM foram desenvolvidos a partir destes (German MTM Association, sem data).

O conceito e o método MTM não ficaram estáticos ao longo do tempo, ocorrendo uma evolução do conceito inicialmente elaborado, atingindo altos níveis de aperfeiçoamento e sofisticação, findando por ter aplicações bastante diversificadas. Surgiram, então os seguintes MTM (Novaski & Sugai, 2002):

- i. MTM-SD (Dados *Standard*): desenvolvido pela Associação MTM Alemã;
- ii. MTM-2: desenvolvido pela Associação MTM da Suécia;
- iii. MTM-3: representa uma compactação adicional ao MTM-2;
- iv. MTM-BSD: dados para escritório;
- v. MTM-UAS: sistema de análise universal-produção em série;
- vi. MTM-MEK: voltado para produção de peças avulsas e séries pequenas;
- vii. MTM-M: para avaliar o trabalho com microscópio;
- viii. MTM-TE: testes eletrónicos;
- ix. PROKON: estudo de processos de produção na fase de conceção e desenvolvimento de produto;
- x. MTM-SOL: quantifica processos e tempos logísticos

Atualmente, o MTM oferece uma abordagem objetiva e sistemática. A sua implementação correta atende às necessidades básicas de ergonomia dos colaboradores, além de aumentar a eficiência das linhas de produção possibilitando uma diminuição de custos real. A sua contínua evolução ao longo do tempo desencadeou uma aceitação e confiabilidade na sua utilização na indústria. Todos esses fatores indicam que o MTM é uma ferramenta de gestão da produção que se foca nos processos industriais e a sua utilização é uma decisão estratégica para conduzir à produtividade e possibilitar também a melhoria de processos por se complementar adequadamente aos conceitos de produção *Lean* (Novaski & Sugai, 2002).

2.3.2 Descrição Geral

Os sistemas de tempos pré determinados são conjuntos de valores de tempos cuja aplicação resulta no cálculo do tempo normal para diversos elementos de atividade (Cabeças, 2015b).

O sistema de medição de tempo mais utilizado e no qual são baseados a maioria dos mais recentes é o apresentado por Maynard, Stegemerten e Schwab, em 1948, no livro homónimo do método MTM. Os autores definem-no da seguinte forma: “A medição de métodos e tempos é um procedimento que analisa qualquer operação manual ou método, reduzindo-a aos movimentos básicos requeridos para a

realizar, atribuindo a cada movimento um tempo referência pré determinado. Esta informação normalizada é determinada pela natureza do movimento e as condições no qual o movimento é feito.” Como referido na secção 2.3.1, *Methods-Time Measurement* (MTM) é um método que determina o tempo necessário para um operador executar a sequência de processos no seu posto de trabalho (International MTM Directorate, 2015). O MTM é uma técnica de determinação de tempos, a partir do estudo dos movimentos humanos necessários para a execução de uma operação. Através da aplicação da ferramenta MTM é possível seleccionar, ainda na fase de planeamento, o melhor método de trabalho e pode ser utilizado em qualquer atividade onde seja necessário o planeamento, a organização e a execução de uma tarefa através de blocos de tempos definidos (Associação MTM Portugal, 2010). A ferramenta MTM define que o tempo requerido para executar uma atividade depende do desempenho do método para essa mesma atividade. O MTM exibe uma performance internacionalmente válida para tarefas manuais e é o mais comum sistema de tempos pré-determinados no mundo, estabelecendo dessa forma um planeamento e desempenho *standard* para uma indústria global (Edtmayr, Kuhlang, & Sihn, 2011).

O MTM é um instrumento de descrição, estruturação, conceção e planeamento de trabalho usando módulos definidos, resultando num padrão para sistemas de produção de alta repetibilidade. Os objetivos da sua aplicação são (Associação MTM Portugal, 2010):

- i. Analisar os processos para o apuramento de pontos fracos no método de trabalho, e realização do potencial de melhoria;
- ii. Criar processos transparentes;
- iii. Identificar potenciais reduções de custos;
- iv. Planear o trabalho para gerar resultados;
- v. Documentar o processo de trabalho detalhadamente.

O estudo de movimentos e de tempos como estudo sistemático dos sistemas de trabalho, pode ser aplicado a (Borba, Link, Zonta, & Daros, 2008; H. B. Maynard, Stegemerten, & Schwab, 1948):

- i. Desenvolvimento de métodos eficazes previamente ao início de produção;
- ii. Configuração dos métodos de trabalho de cada produto;
- iii. Melhoria de métodos existentes;
- iv. Determinação de referências normalizadas de tempo;
- v. Desenvolvimento de fórmulas temporais ou dados referência;
- vi. Estimativas de tempos;
- vii. Instrução do trabalho (descrição do método de trabalho na forma de um documento de referência).

O desenvolvimento de um método eficaz antes do início da produção de um novo produto é especialmente útil no sentido em que evita os problemas associados ao aumento de volume de produção pela melhoria do método de trabalho. De outra forma, este tipo de abordagem implica a melhoria de métodos já existentes, que se enquadra na filosofia de melhoria contínua. As vantagens em prever a capacidade produtiva a partir do estado conceptual do produto são evidentes tendo em conta que, desde a primeira fase de conceção do produto, é possível obter estimativas e reduções do tempo necessário à produção (H. B. Maynard et al., 1948). Conforme Novaski & Sugai (2002), “pode determinar-se com antecedência o tempo necessário para execução de uma operação, simplesmente examinando um esquema do local de trabalho e uma descrição do método a ser aplicado. Da mesma forma, pode fazer-se uma avaliação precisa de diversos métodos de trabalho”, o que proporciona uma maior consistência nos tempos padrões.

As vantagens descritas pela Associação MTM Portugal, (2010) incluem:

- i. Desempenho uniforme de referência: os conteúdos de trabalho idênticos são avaliados com os mesmos valores temporais;
- ii. *Design* de processo compreensível: Devido à conjugação – iniciada pelo MTM – é possível redesenhar os processos;
- iii. Transparência de informação: para a manutenção continua de diferentes métodos e processos;
- iv. Estrutura modular: é possível alcançar um elevado nível de cobertura de processos com um pequeno conjunto de informação;
- v. Aumento da competitividade: é possível reduzir tempos e custos, aumentando a produtividade e competitividade;
- vi. Prevenção de custos: Através do desenvolvimento sistemático de produtos e determinação de métodos e tempos de trabalho, bem como a sua avaliação antes do início de produção. Ao fazer uma análise criteriosa do método desenvolvido, dependendo das circunstâncias, pode identificar-se o método ideal ainda na fase do planeamento

Da mesma forma, Maynard (1970) concluiu que uma aplicação correta da técnica resultará em muitos benefícios, tais como:

- i. Os custos para mudanças posteriores são bastante reduzidos pois os trabalhos são bem estudados e os métodos e custos conhecidos com antecedência;
- ii. Os problemas de relações industriais, resultantes de discussões sobre padrões estabelecidos por técnicas menos objetivas, são reduzidos;
- iii. Consistência nos padrões de produção;
- iv. A objetividade da técnica e a sua fácil compreensão resultam numa maior aceitação de todos os princípios da medida do trabalho.

No entanto, existem algumas limitações do estudo e dificuldades na sua implementação, destacando-se:

- i. A definição estabelece que o método MTM trata de procedimentos nitidamente influenciáveis (manuais). Os tempos de procedimentos não influenciáveis (processos de máquinas) têm de ser cronometrados (Borba et al., 2008);
- ii. O método MTM não é aplicável a atividades intelectuais, ou seja, a decisões que requeiram um raciocínio preliminar como decisões que vão para além de um simples “sim” e “não” (Borba et al., 2008);
- iii. O tempo padrão dado pela ferramenta MTM não considera os tempos de recuperação de fadiga (Borba et al., 2008);
- iv. Exige um grande esforço para alimentar a base de dados (operações e códigos) pois é um estudo que implica uma descrição detalhada e uma avaliação das operações executadas (Oliveira, Silva, & Hellen, 2011);
- v. Necessidade de formação em MTM para os profissionais que desenvolvem os estudos (Oliveira et al., 2011);
- vi. Necessidade de avaliação detalhada do processo (micro atividades) (Oliveira et al., 2011);
- vii. É necessário considerar o MTM como parte integrante do processo estratégico da organização (Oliveira et al., 2011).

De acordo com Almeida & Ferreira (2009), o processo de aplicação MTM (Figura 2.8) deve ser concebido como um processo de melhoria contínua e de estratégia competitiva e aponta seis etapas para a sua aplicação a um posto de trabalho. Devem ser seleccionadas as operações a analisar, realizar uma decomposição de cada operação em elementos de menor dimensão (suboperações) e aplicar a sequenciação de forma a organizar as suboperações. Após esta organização, é descrita a sequência de movimentos que constituem cada suboperação, à qual é atribuído um código MTM tabelado. Através deste estudo, é obtido o tempo normal da operação (o *output* da ferramenta MTM).

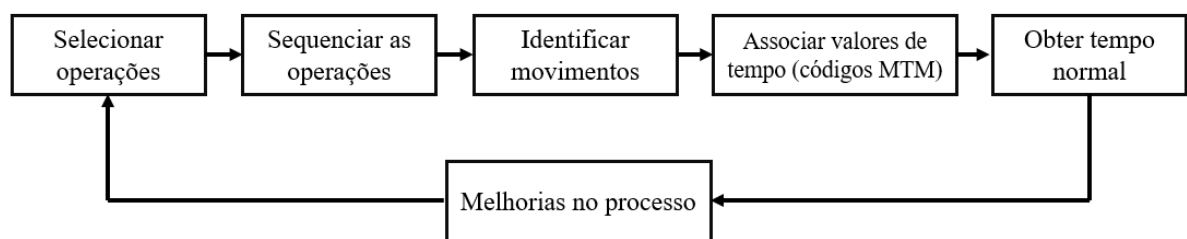


Figura 2.8. Processo de aplicação de MTM a um posto de trabalho

Adaptado de: Almeida & Ferreira (2009)

O desenvolvimento de um novo sistema MTM consiste na avaliação de dois tipos de fatores (Associação MTM Portugal, 2010):

- i. Fatores influenciáveis pelo trabalhador tais como tempo de execução, esforço e capacidades;
- ii. Fatores que não dependem do trabalhador, tais como condições de trabalho.

Por sua vez, os movimentos básicos do método MTM podem ser resumidos em cinco tipos de movimentos (Borba et al., 2008):

- i. Alcançar: Movimentar a mão na direção de um objeto;
- ii. Apanhar: Passar a controlar um objeto;
- iii. Mover: Movimentar um objeto com a mão;
- iv. Posicionar: Alinhar ou inserir objetos;
- v. Soltar: Deixar de controlar um objeto.

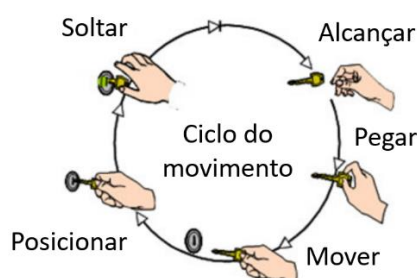


Figura 2.9. Os cinco movimentos básicos do MTM

Adaptado de: Almeida & Ferreira (2009)

Estes movimentos (Figura 2.9) compõem de 80% a 85% dos procedimentos influenciados pelo ser humano. Além destes movimentos básicos, as seguintes ações são utilizadas para descrever movimentos: aplicar pressão, separar, dobrar, movimentos de corpo e funções visuais (Almeida & Ferreira, 2009). O valor do tempo é dado a cada movimento básico, que é (pré) determinado como uma função de fatores que influenciam a sua composição (Almeida & Ferreira, 2009). Esses fatores podem ser a dificuldade de controlo, dificuldade de esforço, distância de movimento, simetria de trabalho e tipo de ajuste (Borba et al., 2008). No método MTM, os valores de tempo dos movimentos básicos são demasiado pequenos e não podem ser medidos nas unidades de tempo convencionais. Portanto, os valores dos tempos dos movimentos básicos são especificados como unidade de medida de tempo, chamadas TMU, que equivale a 0,036 segundos (Beño et al., 2013).

O sistema de tempos pré-determinados requer uma análise detalhada do método de uma operação. Assim, o fluxo de trabalho *standard* é definido. Cada movimento da operação deve ser analisado. Esta abordagem permite uma maior facilidade em descobrir problemas ou movimentos sem valor acrescentado. Cada elemento de tempo é determinado anteriormente, através de análise estatística. Os códigos MTM são constituídos por análises detalhadas de operações em indústrias e avaliação estatística que é realizada para definir os tempos desses elementos. (Cakmakci & Karasu, 2007)

O tempo de ciclo calculado através do MTM pode ser classificado em dois tipos (Oliveira et al., 2011):

- i. Ideal: não estão incluídas perdas de produção por paragens e retrabalho;
- ii. Real: tempo disponível de produção descontado as perdas e paragens.

Assim, a proposta de utilização para um balanceamento (Figura 2.10) MTM-*Lean* será com uma carga média de trabalho de 95%, já considerando as questões como fadiga operacional (Oliveira et al., 2011).

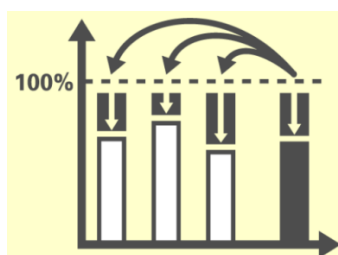


Figura 2.10. Balanceamento com blocos de tempos

Fonte: Oliveira et al. (2011)

A Associação MTM Portugal (2010) aborda a temática da minimização do desperdício e o acréscimo de valor ao definir a otimização das atividades com valor acrescentado (métodos de trabalho e processos). Por outro lado, as atividades necessárias, mas sem valor acrescentado, assim como os desperdícios devem ser minimizados por forma a reduzir tempo e custos. As atividades consideradas desperdícios e as respetivas soluções para evitar desperdício estão representadas na Figura 2.11.

	Desperdício	Solução	Ganho (tempo)	
Distâncias curtas de movimentos			29 %	Distâncias curtas aumentam a produtividade
Operações com duas mãos			31 %	Operações com duas mãos é standard
Esforços mínimos de controle			36 %	Utilização de sistemas de apoio
Ajudas de posicionamento			38 %	Utilização de ajudas para facilitar montagens
Movimentos do corpo			62 %	Evitar movimentos corporais desfavoráveis

Figura 2.11. Evitar desperdícios com alteração de métodos de trabalho

Adaptado de: Associação MTM Portugal (2010) & Oliveira et al. (2011)

Finalizando, a organização do trabalho e da produção com o objetivo da melhoria contínua são uma tarefa permanente, independentemente da dimensão da empresa e do sector, para garantir a competitividade da empresa e dos seus produtos.

2.3.3 Sistema de blocos de tempos MTM

O sistema de blocos de tempos MTM abrange subsistemas em 6 níveis hierárquicos (Figura 2.12), mais ou menos expressivos em função do respetivo nível de método (*Volkswagen Autoeuropa*, sem data-b).

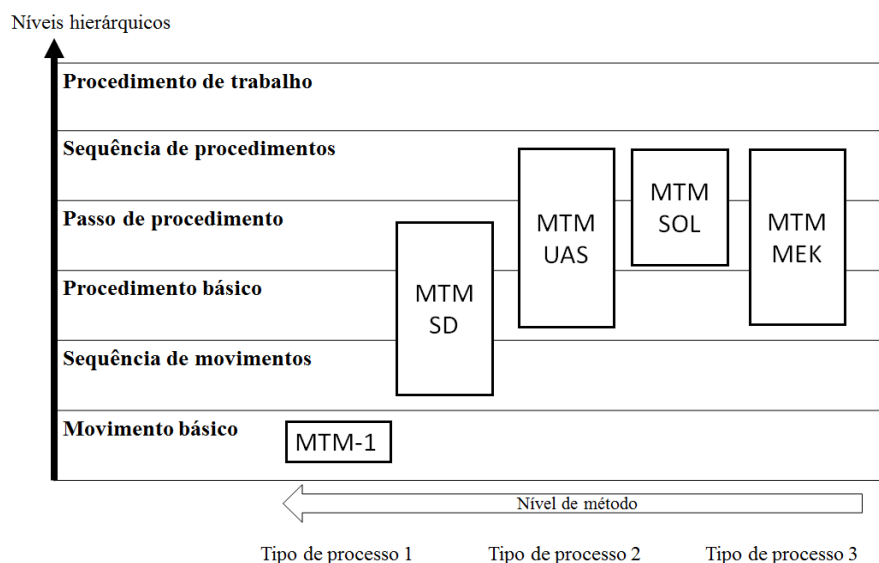


Figura 2.12. Resumo do sistema de blocos de tempos MTM

Fonte: *Volkswagen Autoeuropa* (sem data-a)

A quantidade dos níveis hierárquicos necessários depende da estrutura do processo ou dos produtos da empresa. Os blocos de tempos dos tipos de processo superiores são criados como blocos de tempo dos níveis hierárquicos inferiores (Figura 2.13) (*Volkswagen Autoeuropa*, sem data-b).

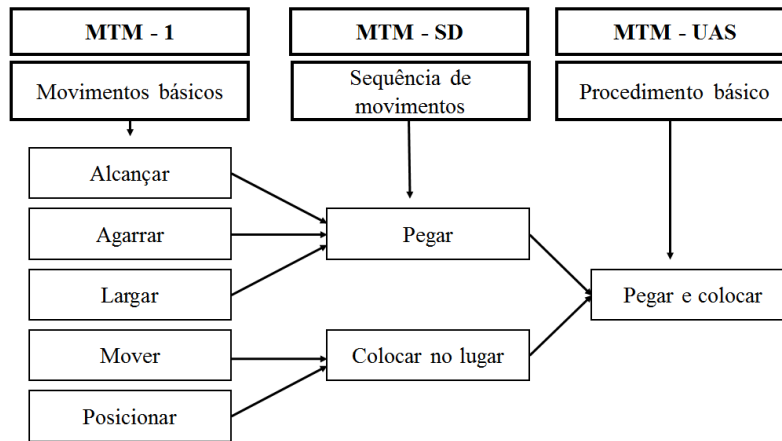


Figura 2.13. Agrupamento de movimentos MTM

Adaptado de: (Almeida & Ferreira, 2009)

No exemplo em baixo, o passo de procedimento do MTM-SOL “abrir pacote de cartão sem ferramenta” foi criado como um conjunto de procedimentos básicos do MTM-UAS.

Tabela 2.1. Exemplo de aplicação

Abrir pacote de cartão sem ferramenta				
PBFA (80 TMU)				
Descrição	Código (MTM-UAS)	Tempo (TMU)	Quantidade × Frequência	Tempo total (TMU)
Abrir aba superior	AA3	50	1	50
Abrir a segunda aba	AA1	20	1	20
Dobrar aba	ZA1	5	2	10

Todos os subsistemas do sistema de blocos de tempos MTM baseiam-se em características comuns (*Volkswagen* Autoeuropa, sem data-a):

- Princípio: O método determina o tempo;
- Rendimento normalizado: Correspondente ao rendimento de uma pessoa com experiência prática média, capaz de manter este rendimento de forma durável sem fadiga crescente no trabalho;
- Rendimento de referência: Todos os subsistemas do sistema de blocos de tempos MTM têm um rendimento de referência comum, o do MTM-1;
- Grandezas de influência de tempo: Variável independente no sentido estatístico, que determina o tempo necessário para um dado método (peso, distância, exatidão);

O nível do método reflete a formação de rotina representada pelo tipo de processo, que se exprime nos métodos de trabalho, e apresenta diferenças significativas conforme os diferentes tipos de processos. O nível de método considerado nos blocos de tempo MTM-UAS, encontra-se na produção em série, como por exemplo da indústria automóvel, no abastecimento à indústria automóvel, na indústria aeronáutica, na indústria de eletrodomésticos ou na indústria de mobiliário. Com os procedimentos básicos UAS também é possível descrever processos na logística (MTM-SOL). Os sistemas de blocos de tempos estão divididos por propriedades para caracterização das condições de processo (Figura 2.14) (*Volkswagen Autoeuropa*, sem data-a).

Propriedades	Tipo processo 1 (Produção em massa)		Tipo processo 2 (Produção em série)		Tipo processo 3 (Produção de pequenas séries)	
Cíclica	Repetições de curto ciclo permanentes		Repetição de ciclo mais longo limitado		Sem repetição cíclica	
Informações de processo	Sequências de movimentos (básicos)		Sequência parcial		Sequência completa	
Posto de trabalho	Para uma variante definida do produto		Para um espectro definido do produto		Para processos e variantes quase aleatórios	
Princípio de abastecimento no sistema de trabalho	Principio de levar ao sistema		Principio de ir buscar com disposição		Principio de ir buscar	
Dispersão dos modos de trabalho	Baixa		Média		Alta	
Nível de método	MTM-1	MTM-SD	MTM-UAS	MTM-SOL	MTM-MEK	

Figura 2.14. Tipos de processo MTM

Fonte: Volkswagen Autoeuropa (sem data-a)

O tipo de processo 2 é aplicado aos processos com as seguintes características (*Volkswagen Autoeuropa*, sem data-b):

- Produção orientada por encomenda com carácter de repetição, ou seja, o tipo dos processos de trabalho resultantes e a frequência de repetição alteram mas o espectro de variações dos passos de trabalho está limitado;
- Processos de trabalho concebidos, ou seja, os postos de trabalho têm um equipamento *standard* (máquinas, ferramentas dispositivos) adequado ao espectro de tarefas;
- Conteúdos de trabalho comparáveis apesar da diversidade dos tipos de processo e da variedade dos produtos;
- Condições gerais definidas para os processos de trabalho. A organização de trabalho não tem o mesmo nível da produção em massa. Por exemplo, o material a ser transformado é disposto muitas vezes pelo próprio trabalhador;
- Processos com tempo de ciclo nitidamente mais longo do que na produção em massa;

- vi. Operadores com grau de rotina mais baixo em comparação com a produção em massa. Os respetivos passos de trabalho são executados de acordo com um método de trabalho predefinido mas com alguma dispersão.
- vii. Instrução de trabalho sem descrição detalhada dos métodos.

Os blocos de tempos não se compõem de forma aditiva mas por condensação estatística de dados. Foram analisados com o MTM-1 atividades reais, avaliadas como coleções de dados e foi composto o valor médio estatístico sob consideração da dispersão. No âmbito da condensação de blocos de tempos foram eliminadas as grandezas de influência de tempo ou foi reduzida a sua expressividade, por exemplo pela formação de áreas de distância definidas (*Volkswagen Autoeuropa*, sem data-b). Os blocos de tempo são o mais abstratos possível para que seja possível, com um mínimo de dados e grandezas de influência, considerar as respetivas condições de execução. As grandezas de influência não foram derivadas de sequências de movimentos, mas registam as condições gerais, normalmente conhecidas na fase de planeamento.

De seguida é feita a referência aos métodos mais utilizados nas organizações.

2.3.4 MTM-1 (Sistema básico MTM)

O MTM-1 foi desenvolvido para a produção em massa e em grande série. Exige um alto grau de organização do sistema de trabalho com uma variação mínima no modo de trabalho e permite uma descrição pormenorizada dos movimentos humanos, indicando com facilidade as possíveis melhorias de processos (Associação MTM Portugal, 2010).

2.3.5 MTM-SD (*Standard*)

O MTM-SD são dados padrões desenvolvidos a partir do sistema MTM-1, para a produção em série. É constituído por tempos agregados aditivamente, sendo que as análises podem ser executadas mais rapidamente, mas com uma pequena perda de exatidão. Mudanças no ciclo de vida do produto, aumento do número de variáveis e alteração frequente das normas de produção são exemplos dos casos em que este método pode ser utilizado (Associação MTM Portugal, 2010).

2.3.6 MTM-UAS (Sistema de Análise Universal)

O sistema de análise universal foi desenvolvido para as características típicas de produção em série (Associação MTM Portugal, 2010). O MTM-UAS, muito utilizado na indústria automóvel, é implementado para se efetuar o balanceamento da linha de produção, considerando a análise de processos com ciclos no intervalo de um a três minutos (Di Gironimo et al., 2012).

O método MTM-UAS possui tempos pré-determinados para cada atividade realizada, considerando o peso das peças manuseadas e a distância percorrida para realização da atividade. A predeterminação dos movimentos visa obter com exatidão o tempo de ciclo da atividade, sem a influência dos meios externos (Melo & Brito, 2014). A ferramenta é, também, utilizada para realizar simulações de novos processos, auxiliando no planeamento do posto de trabalho e definindo o melhor método de trabalho. Com isto, é possível verificar diferentes cenários de operações sem ser necessário parar a linha de produção, pelo que um estudo MTM-UAS para além de ser uma ferramenta de medição também é uma ferramenta de melhoria (Melo & Brito, 2014).

As características essenciais do sistema de blocos de tempos dos procedimentos básicos UAS são (Volkswagen Autoeuropa, sem data-b):

- i. Blocos de tempos mais complexos, com uma média de cerca de 50 TMU, ao contrário do MTM-1 com cerca de 8 TMU;
- ii. Menor volume de dados pela quantidade reduzida dos blocos de tempos e das grandezas de influência;
- iii. Os blocos de tempos incluem, apenas, aquelas grandezas de influência que se evidenciam nas condições gerais de trabalho executado.

O sistema de blocos de tempos do MTM-UAS pode ser aplicado na análise de todas as atividades manuais, desde que tenham as características inerentes ao tipo de processo 2 (Figura 2.14)

2.3.7 MTM- MEK (Produção de pequenas séries)

O MTM-MEK é o sistema de análise concebido para as características de produção de pequenas séries. Neste tipo de processo são dominantes os longos ciclos de trabalho, as grandes variações no modo de trabalho e a pouca rotina na execução das tarefas. É indicado para a construção de ferramentas, tarefas de manutenção, trabalhos típicos de pequenas oficinas manuais, oficinas de reparação automóvel e para elaborar planeamentos e orçamentos rápidos (Associação MTM Portugal, 2010).

2.3.8 MTM-SOL (Procedimentos *standard* de logística)

O MTM-SOL facilita o apuramento de tempos dos meios de transporte e tarefas manuais ligados aos processos logísticos (Associação MTM Portugal, 2010). É possível determinar o melhor método de trabalho visando obter o menor tempo de ciclo da atividade, além de proporcionar a padronização do método utilizado. O MTM-SOL é caracterizado por ser um processo tipo 2 (Figura 2.12) (Sunk, Sihn, & Kuhlang, 2015). Por esta razão, o MTM-SOL deriva do MTM-UAS e foi desenvolvido, especialmente, para a análise de movimentos manuais no sector logístico industrial (MTM UK, 2015).

No contexto de atividades logísticas em diversas unidades de negócio, a maioria das sequências de operações são comparáveis e não têm uma variação de tempo muito significativa. Apesar da complexidade destas sequências ser diversificada, podem ser agregadas como operações *standard* dentro de toda a gama logística. Isto é, os processos logísticos, mesmo em diferentes áreas são caracterizados por procedimentos similares com um nível significativo de repetibilidade (Edtmayr et al., 2011). Os típicos processos logísticos foram estandardizados e condensados num sistema de blocos de tempos, tais como (MTM UK, 2015):

- i. Transporte: atividades que utilizam diferentes meios de transporte, tais como, empilhadoras, porta-paletes e comboios logísticos;
- ii. Manuseamento: manuseamento, abertura e fecho de embalagens e processamento de informações.

As operações *standard* de transporte incluem todos os blocos necessários para a avaliação de processos padrão com empilhadores ou outros tipos de veículos usados com frequência na indústria. Aqui, as diferentes condições da operação, tais como equipamentos, métodos de condução e regulamentações de segurança relevantes são consideradas para o desenvolvimento de cada bloco de tempo. Posto isto, as operações de transporte são divididas em blocos gerais, tais como ligar e desligar o motor e colocação do cinto de segurança e blocos específicos relacionados com os diversos tipos de transporte (Sunk et al., 2015). Por sua vez, as operações padrão de manuseamento são blocos de tempos definidos para a análise de grupos de atividades manuais, que incluem atividades típicas de processamento informação e dados e manuseamento de embalagens (Sunk et al., 2015).

Ambos os tipos de operações *standard* incluem descrições detalhadas de sequências de movimentos, assim como as suas sequências cronológicas, que são realizadas pelos operadores no transporte de materiais nos processos de logística interna. O resultado da descrição do método detalhado é o tempo padrão. Este é um requerimento fundamental para a medição de melhorias. Deste modo, as organizações devem ter consciência das discrepâncias entre as condições atuais e as condições normalizadas dos processos. Estas disparidades devem ser reconhecidas como potencial para racionalizar e medir de forma precisa as melhorias efetuadas (Sunk et al., 2015).

O método MTM-SOL tem, recentemente, ganho uma maior importância graças ao aumento da relevância em reduzir custos logísticos. Estes custos são causados devido à falta de precisão na consideração dos processos logísticos (Kuhlang & Sunk, 2015). A aplicação do sistema de blocos de tempos MTM-SOL permite estimar tempos logísticos durante o planeamento e conceção de processos logísticos futuros e contribui para a organização e *design* de *layouts* (Kuhlang & Sunk, 2015). O método assume especial importância no cálculo de manuseamento de embalagens nas áreas de abastecimento, tais como *racks* de supermercados (Edtmayr et al., 2011). Devido a estas

características, este sistema de blocos é consideravelmente relevante para a aplicação em processos logísticos na indústria automóvel (Sunk et al., 2015).

Os blocos de tempos têm uma codificação composta por 12 posições. O primeiro código refere-se sempre ao nível hierárquico adequado. O número 5 refere-se a procedimentos *standard* sequenciados e o número 4 a passos de procedimento. A segunda posição fornece a informação sobre os blocos de tempo MTM utilizados para a determinação do tempo (neste caso, L de logística). A terceira posição pode ser preenchida por H, caso as operações sejam de manuseamento (*handling*), ou por um T, caso sejam de transporte. As posições não alocadas são representadas por um ponto. Nos ficheiros de dados, os códigos são encurtados, desprezando as posições com pontos (Beño et al., 2012).

2.3.9 Síntese do capítulo

Neste capítulo foi apresentada a pesquisa e a revisão bibliográfica, de três tópicos: os fundamentos da filosofia *Lean*, a logística interna das empresas e, por fim, o enquadramento e explicação, de uma forma geral, dos métodos *Methods-Time Measurement*, utilizados na análise de processos de várias organizações.

Relativamente à filosofia *Lean*, foram abordados alguns temas considerados essenciais para o entendimento de alguns conceitos existentes na *Volkswagen* Autoeuropa. Primeiramente, deu-se uma breve explicação da sua origem e definição e do Sistema de Produção *Toyota*. Foram abordadas as bases do Sistema de Produção *Toyota*, o *Just-in-time* e o *Jidoka*. Dado que esta dissertação se foca na análise de processos logísticos, numa organização que segue a filosofia *pull*, os conceitos de melhoria contínua, criação de valor e identificação das fontes de desperdício são fundamentais para ter uma visão mais clara das melhorias que se pode efetuar nos processos logísticos. Por sua vez, o trabalho uniformizado, conceito pertencente à filosofia *Lean* está ligado à aplicação do método MTM, dado que é objetivo de ambos a redução de desperdícios e, consequentemente, de custos. Nesse sentido, o MTM permite analisar o que acrescenta e não acrescenta valor aos processos, sendo possível determinar os tempos e, por consequência, as cargas de trabalho dos operadores. A uniformização de processos é um dos aspetos mais importantes na filosofia *Lean*, pelo que se pode concluir que existe uma complementaridade entre a filosofia *Lean* e o método MTM. Assim, o processo de aplicação MTM deve ser concebido como um processo de melhoria contínua e de estratégia competitiva.

O subcapítulo de logística interna das empresas foca-se na explicação de alguns conceitos gerais de sistemas de armazenamento, supermercados de apoio à produção, comboio logístico, recolha de pedidos, fluxos de materiais e operações com empilhadores, contendo informação que facilita a compreensão dos processos logísticos apresentados no capítulo 3. Conclui-se que a existência de uma configuração de armazém definida considerando os fluxos de materiais e as distâncias percorridas

permite a redução da distância percorrida diariamente e, conseqüentemente, o tempo de operações associados a estas atividades. Por outro lado, a utilização do *order picking* permite a agilização dos processos de recolha e abastecimento dos materiais desde os armazéns até às linhas de produção. Na logística interna, a padronização de processos de abastecimento, fundamenta a forma como é realizado o abastecimento com o propósito de qualquer colaborador o efetuar de forma idêntica. Este tipo de abordagem implica a melhoria de métodos já existentes, que se enquadra na filosofia de melhoria contínua. A logística interna das empresas passou a ser uma estratégia de competitividade de grande importância devido ao aumento no número de variantes de modelos e opções.

3. Método

Neste capítulo apresenta-se a organização onde esta dissertação é desenvolvida, a *Volkswagen Autoeuropa*, e caracteriza-se o método utilizado, *Methods-Time Measurement - Standard Operations Logistics* (MTM-SOL). O capítulo prossegue com a apresentação dos processos logísticos nos quais o método MTM é aplicado. Serão estudados 3 processos de armazém contidos no processo geral de abastecimento de componentes à linha de produção da Área da Montagem. Segue-se a análise dos dados recolhidos para cada processo (*receiving*, *put-away* e *picking*), tais como quantidade de embalagens recebidas, armazenadas e recolhidas. Inicia-se a aplicação do método com a sequenciação das operações efetuadas, às quais se associa códigos MTM-SOL de acordo com os movimentos efetuados. A partir deste passo, é calculado o tempo normal da operação e o tempo normal da operação por embalagem, para os três tipos de embalagem, em todos os processos estudados.

3.1. *Volkswagen* Autoeuropa

3.1.1 História

A *Volkswagen* Autoeuropa é uma das fábricas de produção automóvel pertencente ao Grupo *Volkswagen*. Este Grupo detém fábricas de produção de motores, peças e componentes, veículos pesados e comerciais e veículos de passageiros. Das 40 fábricas presentes em todo o mundo, 22 fábricas estão localizadas na Europa. O Grupo é composto por 11 marcas distintas: Audi, Bentley, Bugatti, Ducati, Lamborghini, MAN, Porsche, Scania, Seat, Skoda e a *Volkswagen* (*Volkswagen*, 2015).

A *Volkswagen* Autoeuropa está inserida na região de Palmela e iniciou a sua produção efetiva em 1995, tornando-se a maior e mais avançada fábrica do setor automóvel existente em Portugal com um investimento inicial de 1970 milhões de euros aplicados na implementação da fábrica (1282 milhões de euros), no desenvolvimento do produto (479 milhões de euros) e na formação e lançamento (209 milhões de euros) (*Volkswagen* Autoeuropa, 2013a). Representa o maior investimento estrangeiro até hoje feito em Portugal, tendo um impacto muito positivo na economia portuguesa, sobretudo ao nível das exportações, representando 1% do PIB, e sendo responsável por 4% das exportações nacionais. A fábrica da *Volkswagen* tem a particularidade de produzir uma gama exclusiva de veículos, sendo estes os modelos Sharan (VW), Alhambra (Seat), e Sirocco (VW).

Em 2012 a sua produção atingiu os 112 550 veículos, dos quais foram exportados 99,4% dos veículos da marca *Volkswagen* (*Volkswagen Autoeuropa*, 2013a). A *Volkswagen Autoeuropa* tem, ainda, um parque industrial, com 19 fornecedores, uma academia de formação e uma Unidade de Negócio de Cunhos e Cortantes que produz ferramentas e peças prensadas para o grupo *Volkswagen*.

Desde o início da produção, em 1991, 2.3 milhões de veículos foram produzidos na unidade de Palmela. Além da produção de veículos, a *Volkswagen Autoeuropa* exportou 5.6 milhões de peças prensadas para o Grupo *Volkswagen*. Com 3600 colaboradores, a *Volkswagen Autoeuropa* é o maior empregador no sector industrial e eletrónico no país (*Volkswagen Autoeuropa*, 2016b).

Com a cessação da produção do *Volkswagen Eos* em julho de 2015, o ano de 2016 revelou uma mudança na produção, resultando na passagem para um só turno de trabalho devido a uma redução de 19% no volume de encomendas, face ao ano anterior. Situação que constitui uma transição para o crescimento a partir do segundo semestre de 2017, altura em que arranca a produção do novo modelo *Volkswagen*, com um investimento de 677 milhões de euros (Ledo, 2015; *Volkswagen Autoeuropa*, 2016a).

3.1.2 Área de Engenharia Industrial & *Lean Management*

O estudo desta dissertação é desenvolvido no armazém que abastece a Área de Montagem, mas afetado pela Área de Engenharia Industrial e *Lean Management*. Esta área tem diferentes equipas funcionais para suporte à decisão estratégica, por forma a serem cumpridos os objetivos de produtividade e melhorar a eficiência da fábrica. Estas equipas são:

- i) Engenharia Industrial: gestão do tempo de produção;
- ii) Sistema de Produção: engloba a implementação do Sistema de Produção *Volkswagen* visando alcançar processos de produção eficientes, a otimização contínua de processos e de estruturas indiretas, *shop floor management* e implementação das metodologias 5S e TPM;
- iii) Monitorização Estratégica: monitorização o desempenho da fábrica através de índices de produtividade (KPI);
- iv) Melhoria Contínua: contribuição para a melhoria contínua da fábrica através de um sistema de gestão de ideias;
- v) Inovação: gestão dos processos de inovação;
- vi) *Lean Center*: área para o desenvolvimento e construção de estruturas de apoio à produção e contribui para a melhoria dos processos de trabalho, garantindo a formação dos colaboradores.

- vii) Engenharia Industrial Estratégica: planeamento e monitorização do número de colaboradores diretos da fábrica através do seguimento de indicadores de produtividade.

A Engenharia Industrial tem como objetivo indicar o número de operadores diretos necessários para a construção de um determinado volume de carros, definir o tempo de operação para cada posto de trabalho e maximizar a capacidade da linha de produção ao efetuar um balanceamento otimizado. A redução de desperdício cumprida pelos especialistas do departamento contribui, assim, para a obtenção de processos robustos, de acordo com o Sistema de Produção da *Volkswagen*.

A Engenharia Industrial atua nas quatro áreas de produção (Área de Prensas, Área de Carroçarias, Área de Pintura e Área de Montagem) e na Qualidade, implementando melhorias nos postos de trabalho de forma a cumprir objetivos de produtividade previamente definidos.

3.2. Caracterização do *Methods-time Measurement-Standard Operations Logistics* (MTM-SOL)

Ao iniciar uma análise MTM é necessário analisar detalhadamente os postos de trabalho e as respetivas operações. Através deste estudo, são analisados os movimentos efetuados na execução das operações dos processos logísticos, procurando dispor-se esses mesmos movimentos na melhor sequência possível, eliminando as movimentações consideradas desnecessárias.

A cada movimento, é associado um código do MTM-SOL, influenciado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais é executado. A cada código está associado um tempo padrão respetivo, designado por *Time Measurement Unit* (TMU), sendo que o método define uma unidade de TMU como um centésimo de milésimo de hora (0,00001h), o que equivale a 0,036 segundos e 0,0006 minutos (Tabela 3.1). Os códigos e as respetivas unidades de tempo (TMU) são apresentados na mesma sequência cronológica em que são realizadas as sequências operacionais, sendo importante que essa sequência seja subdividida em pequenas etapas.

Tabela 3.1. Conversão de unidades de tempo TMU

TMU	Unidades de tempo		
	Segundos	Minutos	Horas
1	0,036	0,0006	0,00001
27,8	1	-	-
1666,7	-	1	-
100000	-	-	1

Para a execução do estudo MTM seguem-se os seguintes passos:

- i. Determinar os processos a estudar, pela observação do processo de trabalho;
- ii. Articular as operações de trabalho em suboperações adequadas aos blocos de tempos do MTM-SOL;
- iii. Determinar as condições gerais do processo e grandezas de influência necessárias (distância percorrida, altura, tipo de empilhador, curvas, paragens, entre outros);
- iv. Elaborar a análise das suboperações e associá-las aos blocos de tempos dos procedimentos básicos ou das sequências de procedimentos *standard* do MTM-SOL:
 - a. Na estrutura da tabela, para apresentação do estudo, o subprocesso é descrito em blocos de tempos. Na coluna Descrição define-se a descrição adequada para a codificação dos blocos de tempos;
 - b. As colunas Quantidade (Q) e Frequência (F) representam fatores para multiplicar com o valor de tempo do bloco de tempos associado ao código. O resultado é introduzido na coluna TMU Total. A quantidade refere-se à característica do código, por exemplo, à quantidade de metros percorridos ou a quantidade de curvas. A frequência é o número vezes que a operação foi realizada naquela quantidade;
- v. Determinar o tempo normal da operação de trabalho.

As operações *standard* logísticas (SOL) caracterizam-se por serem sequências de processos semelhantes com uma repetição relevante de movimentos. O desenvolvimento dos blocos de tempos foi construído com base em condições gerais de processos logísticos. Essas condições requerem que as operações *standard* sejam ordenadas, com alta repetição e, portanto, os operadores têm oportunidade de se familiarizar. As estações de trabalho são definidas consoante o espectro de funções e os meios de trabalho e transporte disponíveis.

Os blocos de tempos do MTM-SOL estão divididos em dois níveis hierárquicos (Figura 2.12), com a seguinte especificação:

- i. Blocos de tempos ao nível de passo de procedimento: apresentam sequências das operações básicas do MTM-UAS como uma só operação. Devido à sua complexidade podem ser utilizadas tanto ao nível das sequências de procedimentos, como pelo utilizador para desenvolver blocos de tempo específicos para cada empresa. Estes são divididos em operações *standard* de transporte (secção 3.2.1) e operações *standard* de manuseamento (secção 3.2.2);
- ii. Blocos de tempos ao nível da sequência de procedimentos: apresentam sequências das operações constituídas por passos de procedimento, anteriormente referidos. Estas sequências de procedimentos são apenas definidas para operações de transporte com empilhadores (secção 3.2.3).

Assim, esta estrutura modular das operações *standard* logísticas permite uma utilização flexível do método de acordo com as circunstâncias existentes.

3.2.1 Operações *Standard* de transporte

As operações *standard* de transporte abrangem os blocos de tempos necessários para a sua aplicação em sequências de operações com empilhadores elétricos e empilhadores retrateis. No MTM-SOL são, ainda, explicitados as operações com porta-paletes, que não irão ser apresentadas na tabela por não estar presente em nenhum processo descrito nesta dissertação. Durante o desenvolvimento deste bloco foram consideradas varias condições de condução, regulamentos de segurança relevantes e diferentes tipos de veículos.

Os elementos de operações de transporte, considerados e aplicados nesta dissertação, estão classificados de acordo com:

- i. Módulos gerais:
 - a. Acionar;
 - b. Acréscimos;
- ii. Empilhadores:
 - a. Empilhadores Elétricos;
 - b. Retrateis.

Os passos de procedimento presentes nas operações *standard* de transporte fornecem uma base para o desenvolvimento de blocos de processos complexos. Devido à descrição detalhada dos fatores de influência torna-se possível adaptar as operações de transporte a processos com diferentes condições de funcionamento. Seguidamente, são apresentadas as explicações para as tabelas de códigos para cada elemento das operações de transporte.

Módulos gerais

Os módulos gerais (Tabela 3.2) contêm sequências de operações que refletem sempre o mesmo método, independentemente do tipo de veículo. O código para este bloco é composto por 4LTA (Figura 3.1). No qual o dígito 4 representa o bloco de tempo ao nível de passo de procedimento, L logística, T transporte e A Módulo Geral (*allgemein*, em alemão). As posições 5 e 6 estão reservadas para o grupo de ação (B para acionar e Z para acréscimos) e para a ação específica, respetivamente.

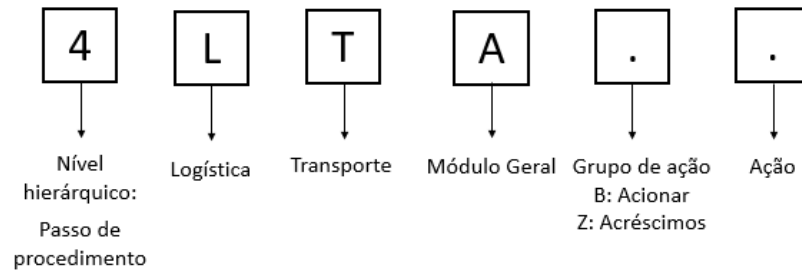


Figura 3.1. Codificação dos módulos gerais das operações de transporte de acordo com o MTM-SOL

Os fatores de influência são representados pela última posição do código. Por exemplo, o tipo de mudança influencia a ação de operar, isto é, se realizado com comando de alavanca ou *joystick*. No caso dos acréscimos, são definidos vários tempos que não dependem das condições do processo, ou seja, são inerentes a todos os tipos de processos logísticos.

Tabela 3.2. Elemento módulos gerais de operações de transporte do MTM-SOL

Adaptado de: Volkswagen Autoeuropa (sem data-a)

Módulos Gerais		Código	Tempo
		4LT	(TMU)
Acionar	Comando por alavanca	ABH	18
	Comando de <i>Joystick</i>	ABJ	10
Acréscimos	Iniciar e desligar motor	AZM	90
	Subir e descer	AZA	220
		AZB	160
	Puxar e soltar travão de mão	AZF	120
	Abrir e fechar porta	AZT	100
	Colocar e tirar cinto de segurança	AZS	175

Operações com empilhadores

Foram definidos três tipos de veículos mais comumente utilizados nas operações logísticas. Nesta dissertação, apenas foram analisados processos contendo dois tipos de veículos, o empilhador elétrico e o empilhador retrátil, sendo estes descritos de seguida. Os empilhadores elétricos são veículos com garfos de elevação e assento para condutor. Estes veículos são utilizados para manuseamento de cargas pesadas, cargas e descargas de caminhão e armazenamento (Figura 3.2).



Figura 3.2. Exemplo de empilhador elétrico utilizado na *Volkswagen Autoeuropa*

Fonte: STILL GmbH (2017)



Figura 3.3. Exemplo de empilhador retrátil utilizado na *Volkswagen Autoeuropa*

Fonte: STILL GmbH (2017)

Os empilhadores retrateis são ideais para o transporte interno de carga, elevação e empilhamento. Possibilitam um maior conforto ao operador devido ao compartimento do condutor e alcançam uma altura até 13 metros (Figura 3.3). A codificação é feita de acordo com as regras já referidas (Figura 3.4)

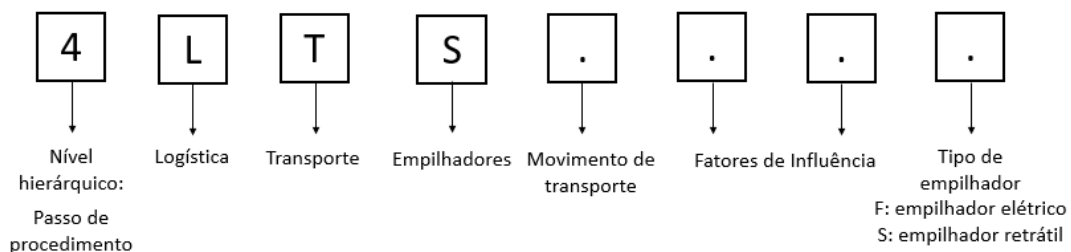


Figura 3.4. Codificação do elemento de operação com empilhador de acordo com o MTM-SOL.

As etapas de processo por empilhador (Tabela 3.3) estão organizadas pela natureza do movimento de transporte, tais como: conduzir, alinhar a 90 graus, elevar e descer garfo, garfo para dentro ou para fora da paleta e paleta para dentro ou fora da prateleira. Cada um destes movimentos contém os seus fatores de influência individuais. No movimento de conduzir, os fatores de influência são as condições

inerentes à operação. Isto abrange avaliar se a operação é realizada numa área externa ou interna, se são realizadas curvas e desacelerações e se o empilhador movimenta uma carga estável ou instável e os respetivos metros percorridos. Todos esses fatores influenciam a unidade de medição de tempo (TMU) relativamente a cada um dos tipos de empilhador.

Tabela 3.3. Etapa de processo do MTM-SOL: Conduzir

Adaptado de: Volkswagen Autoeuropa (sem data-a)

			Tempo (TMU)	
Etapas de processo por empilhador:		Código	Empilhador elétrico	Empilhador retrátil
Conduzir		4LT	F	S
Área interna por metro	Estável ou vazio	SFIS	13	13
	Instável	SFIL	17	17
	Velocidade mínima	SFIK	40	40
Área externa por metro		SFAS	7	9
Curva (90 graus)	Estável ou vazio	SFKS	16	16
	Instável	SFKL	56	56
Desaceleração (início e fim)	Sem Carga	SFVU	30	30
	Com Carga	SFVB	56	56

Quando um empilhador elétrico se desloca interiormente, com uma carga estável, a operação deve ser classificada com o código 4LTSFISF. Nesta análise deve multiplicar-se o valor dado pelo MTM-SOL (13 TMU) pelos metros percorridos. O mesmo acontece com as curvas realizadas pelo empilhador, pelo que quando a curva realizada é de 180 graus, poderá duplicar-se o valor para perfazer a ação total. A velocidade considerada na condução de carga estável é de 8km/h, que está de acordo com a regulação relativa à velocidade de empilhadores em espaços industriais fechados. O alinhamento do empilhador (Tabela 3.4) pode ser realizado na direção do local de depósito, quando o empilhador se alinha com a estante antes de iniciar o armazenamento ou na direção de marcha para trás. Esta última situação verifica-se depois de ser realizado o armazenamento na prateleira e antes de ser retomada a marcha (Figura 3.5).

Tabela 3.4. Etapa de processo do MTM-SOL: Alinhar 90 graus

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

			Tempo (TMU)	
Etapas de processo por empilhador:		Código	Empilhador elétrico	Empilhador retrátil
Alinhar 90 graus		4LT	F	S
Para local de depósito	Estável ou vazio	SRLS	80	70
	Instável	SRLL	130	120
Na direção de marcha (para trás)	Estável ou vazio	SRFS	65	55
	Instável	SRFL	115	105

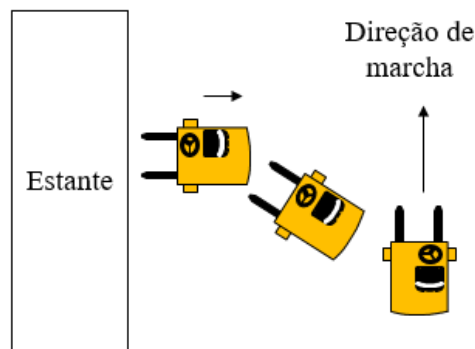


Figura 3.5. Representação do alinhamento do empilhador a 90 graus

Tabela 3.5. Etapa de processo do MTM-SOL: Elevar e descer

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

			Tempo (TMU)	
Etapas de processo por empilhador:		Código	Empilhador elétrico	Empilhador retrátil
Elevar e descer		4LT	F	S
Elevar por metro	Sem carga	SHHU	56	56
	Com carga	SHHB	62	93
Descer por metro	Sem Carga	SHSU	62	62
	Com Carga	SHSB	56	56
Colocar no lugar ou elevar acima do chão (10 cm)		SHPA	15	15
Colocar no lugar com precisão ou folga < 2,5 cm		SHPB	80	80

A etapa de processo de elevar e descer está exposta na Tabela 3.5. O tempo definido para este bloco inclui o tempo de processo de elevar e descer por metro de altura nas condições com carga ou sem carga. Por sua vez, o código 4LTSHPA ou 4LTSHPB são utilizados quando o garfo é baixo o

suficiente de modo a colocar a carga no local de destino. Analogamente, a elevação do garfo é realizada para elevar a carga, imediatamente antes de retirar a paleta da prateleira.

Relativamente às operações com garfo do empilhador (Tabela 3.6), a operação de inserir o garfo na prateleira (a) ou retirar da prateleira (b) (Figura 3.6) está representada pelo código 4LTSGP. Neste caso, o tamanho do garfo desempenha um fator de influência que altera o tempo. Deve ser realizada a análise análoga para a operação de retirar e colocar a paleta na prateleira, com a diferença que a estabilidade carga entra, juntamente, como fator de influência.

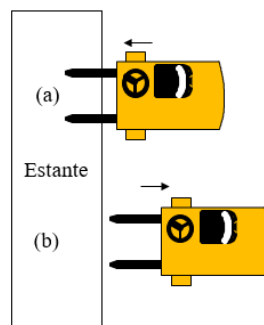


Figura 3.6. Representação da operação de inserir e retirar garfo

Para realizar um transporte de carga de forma segura, ao alterar o centro de gravidade da carga, a armação dos garfos é inclinada cerca de 3 graus para trás (código 4LTSVHN). Aquando da colocação da carga na localização de destino, a armação deve ser definida verticalmente, tal como inicialmente.

Tabela 3.6. Etapa de processo do MTM-SOL: Operações com garfo

Adaptado de: *Volkswagen Autoeuropa* (sem data-a)

				Tempo (TMU)	
Etapas de processo por empilhador:		Código		Empilhador elétrico	Empilhador retrátil
Operações com garfo		4LT		F	S
Garfo para dentro ou para fora da paleta	Garfo curto $\leq 1,2$ m	SGPK		55	95
	Garfo comprido $> 1,2$ m	SGPL		75	120
Paleta para dentro ou fora da prateleira	Garfo curto $\leq 1,2$ m	Estável	STKS	65	120
		Instável	STKL	95	150
	Garfo comprido	Estável	STLS	105	165
	$> 1,2$ m	Instável	STLL	135	195
Procedimento	Deslocar garfo por 10 cm	Aberto/fechado	SVGA	10	10
		Paralelo	SVGP	20	20
	Inclinar armação para frente ou trás		SVHN	36	36

3.2.2 Operações *standard* de manuseamento

As operações de manuseamento são blocos de tempo para aplicação aos processos de manuseamento de embalagens frequentemente utilizada e ao processamento de informação e documentos. Estas operações pertencem ao nível de passo de procedimento (Figura 2.12) e foram criadas a partir do MTM-UAS de procedimentos básicos. A frequência e quantidade de movimentos de corpo, assim como o apanhar e colocar de ferramentas ou utensílios são consideradas nos blocos de tempo de módulos suplementares (Tabela 3.7). Estes são utilizados como valores adicionais às operações de manuseamento. Algumas das operações de manuseamento não podem ser executadas sem certos movimentos de corpo e certas ferramentas.

Tabela 3.7. Módulos suplementares de operações de manuseamento do MTM-SOL

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

Módulos suplementares		Código 4LH	Tempo (TMU)
Movimentos de corpo	Andar por metro	KA	25
	Curvar, abaixar, ajoelhar	KB	60
	Sentar e levantar	KC	110
Apanhar e colocar ferramenta ($d \leq 80$ cm)		EH	55

A cada metro de distância efetuado pelo operador, é atribuído um código KA de 25 TMU, ao tipo de movimentos executados pelo tronco e joelhos, com retorno à posição inicial, são codificados com KB. Aos movimentos de flexão dos joelhos do operador com a finalidade de sentar, assim como os movimentos de levantar, é atribuído o código KC. O movimento de apanhar e colocar uma ferramenta a menos de 80 cm de distância é atribuído com o código EH.

Existem quatro grupos de ação de manuseamento para os quais foram criados blocos de operações *standard*. Apenas serão abordados os grupos que são aplicáveis nesta dissertação.

- i. Manusear:
 - a. Transferir embalagem;
- ii. Processamento de informação:
 - c. Manusear documentos;
 - d. Entrada de dados;
 - e. Diálogo.

Manusear

Todos os movimentos necessários para transferir uma embalagem de um local para outro e substituir recipiente cheio por vazio são considerados nos elementos de processo de manuseamento. A codificação é composta por 7 posições (Figura 3.7).

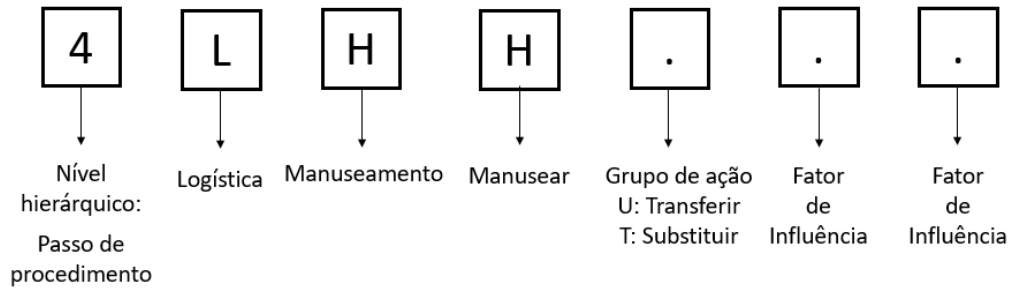


Figura 3.7. Codificação do elemento Manusear de acordo com o MTM-SOL

Todos os movimentos necessários para apanhar num recipiente a uma certa distância e pousar no local de destino estão incluídos na operação de transferência (Tabela 3.8). Os fatores de influência são a classe de tamanho do recipiente, o nível de conteúdo em termos de recipiente vazio ou cheio e a quantidade a transferir (individual, par ou pilha).

Tabela 3.8. Elemento “Manusear” do MTM-SOL

Adaptado de: *Volkswagen Autoeuropa* (sem data-a)

Elemento Manusear				Código 4LH	Tempo (TMU)
Transferir	Recipiente pequeno ≤ 30 x 30 x 30 cm	Vazio	Individual	HUKA	55
			Par	HUKB	70
			Pilha (máx. 1 m altura)	HUKC	65
		Cheio	Individual	HUKD	90
			Par	HUGA	65
			Pilha (máx. 1 m de altura)	HUGB	100
	Recipiente grande > 30 x 30 x 30 cm	Vazio	Individual	HUGC	125
			Par	HUGD	125
			Pilha (máx. 1 m de altura)	HUGD	125

Processamento de informação

Tal como os elementos de processo manusear e abrir embalagem, no processamento de informação a codificação é feita do seguinte modo (Figura 3.8):

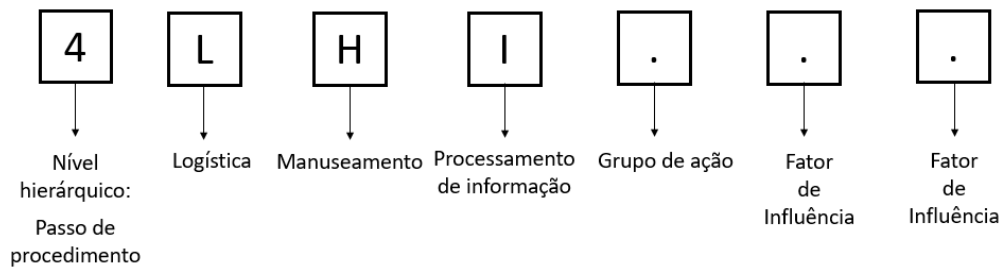


Figura 3.8. Codificação do elemento processamento de informação de acordo com o MTM-SOL

As operações de percepção, cognição e introdução de dados e informação, tipicamente em processos logísticos, estão definidas como processamento de informação (Tabela 3.9).

Tabela 3.9. Elemento “Processamento de Informação” do MTM-SOL

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

Processamento de informação			Código 4LH	Tempo (TMU)
Suporte de informação	Manusear documento	Apanhar e Colocar	Direto IAHO	50
			Indireto IAHA	70
		Substituir	IAHT	85
		Rasgar/separar	IAHR	50
	Retirar e colocar etiqueta ≤ 15 x 20 cm	Dispensador	Aproximado IAESU	70
			Preciso IAESG	80
		Folha de apoio	Aproximado IAETU	65
			Preciso IAETG	95
	Ler	Característica, símbolo ou sinal	IALE	15
		Por palavra/código	IALW	25
	Comparar	Característica, símbolo ou sinal	IAVE	30
		Por palavra/código	IAVW	45
	Marcar/Escrever	Abreviação	IAKK	40
		Por palavra/código	IAKW	70
		Carimbo	IAKS	55
Entrada de dados	Realizar leitura	Scanner	IDES	60
		Cartão magnético	IDEM	40
	Entrada (teclado)	Tecla individual/primeira tecla	IDTE	25
		Tecla seguinte	IDTF	10
		Palavra/código	IDTW	65
		Seleção com o rato	IDTM	60
Díálogo	Breve troca de informações		IGIA	300

As operações de manusear documentos como apanhar e colocar, substituir documentos e rasgar ou separar são definidas pelo código 4LHIAH. O apanhar e colocar direto ou indireto está relacionado com o local onde o documento se encontra, isto é, se o apanhar for direto, possivelmente será entregue diretamente na mão e se for indireto, o documento deverá estar em cima de uma mesa. O tempo definido de descolar uma etiqueta e colocá-la no destino depende se a mesma é retirada de um dispensador ou de uma folha e se é colada precisamente num local ou apenas aproximado. Por sua vez, o controlo visual está dividido em dois tipos de examinação, ler e comparar sendo que ambas são executadas com o objetivo de analisar a informação. Por último, a entrada de dados é usada quando é necessário o operador inserir dados num computador ou ler códigos de barras com *scanner*. Note-se que quando se escreve, carimba ou se realiza leitura com *scanner* é necessário incluir o apanhar de cada acessório (caneta, scanner e carimbo) com o código EH, referente aos blocos de tempo suplementares já referidos.

Exemplificando, mais uma vez, uma operação para aplicação dos códigos (Tabela 3.10), considere-se a seguinte situação de apanhar no documento e colocar na mesa. Seguidamente, ler um código de 5 dígitos, carimbar o documento e assiná-lo.

Tabela 3.10. Exemplo de aplicação do elemento “Processamento de informação”.

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Apanhar no documento e colocar na mesa	IAHA	70	1	70
Ler 5 dígitos	IALW	25	1	25
Apanhar e colocar carimbo	EH	55	1	55
Carimbar documento	IAKS	55	1	55
Apanhar e colocar caneta	EH	55	1	55
Assinar documento	IAKW	70	1	70
Tempo normal da operação (TMU)				330

Posto isto, o tempo normal para esta operação é de 330 TMU, ou seja, 11,88 segundos.

3.2.3 Sequência de procedimentos de empilhadores

As sequências de procedimentos de empilhadores englobam todas as operações referentes a apanhar e posicionar de paletes ou embalagens. Este movimento pode ter lugar no chão ou numa estante.

Com o auxílio da sequência de procedimentos, os processos de transporte podem ter uma exposição transparente devido à descrição detalhada dos passos de cada operação. Diferentes métodos de transporte, veículos e desempenhos podem ser descritos e analisados de forma confiável e precisa

devido às suas especificações particulares. Os passos de procedimento não são eficientes na criação de análises devido ao alto número de divisões nos subprocessos. Assim, a sumarização dos passos de procedimento que constituem a sequência de procedimentos permitem um uso mais eficiente e rápido da informação. Note-se que os blocos de sequência de procedimento são construídos pelos blocos de passo de procedimento, que por sua vez são constituídos por blocos do MTM-UAS. Na Figura 3.9 encontra-se a codificação destes blocos de sequência.

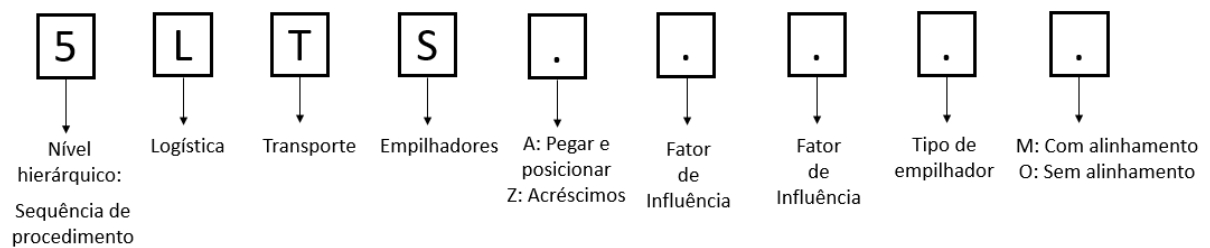


Figura 3.9. Codificação das sequências de procedimentos de empilhadores de acordo com o MTM-SOL

As sequências de apanhar e posicionar (Tabela 3.11) têm como fatores de influência a altura à qual a carga se encontra para elevar e a altura à qual vai ser posicionada. Este processo envolve todos os movimentos de desaceleração, alinhamento, acionar comando, elevar e descer os garfos do empilhador e retirar ou colocar carga na estante, oriundos dos passos de procedimento do MTM-SOL. Na prática a operação só faz sentido sem alinhamento quando a elevação da carga é feita do chão ou o posicionar é para o chão. Consequentemente, os blocos de tempos sem alinhamento só foram analisados nessas situações. A escolha do código é realizada pelos seguintes passos (Tabela 3.11):

- Definir a altura à qual a carga se encontra - coluna apanhar;
- Definir a altura à qual a carga vai ser posicionada ou armazenada – coluna posicionar;
- Definir se existe alinhamento do empilhador ou não - linha alinhamento;
- Definir o tipo de empilhador – coluna empilhador elétrico ou retrátil.

Tomando como exemplo a aplicação do método MTM a uma operação de apanhar e posicionar uma carga que se encontra no chão e que irá ser armazenada a 1,2 metros de altura, com alinhamento do empilhador elétrico, o código associado a esta operação seria 5LTSAABFM, cujo tempo é 981TMU.

Tabela 3.11. Elemento “Apanhar e Posicionar” das sequências de procedimento de empilhadores

Adaptado de: *Volkswagen* Autoeuropa (sem data-a)

			Tempo (TMU)			
Apanhar e posicionar carga			Empilhador elétrico		Empilhador Retrátil	
Alinhamento			Sem	Com	Sem	Com
Apanhar	Posicionar	5LT	FO	FM	SO	SM
Chão	Chão	SAAA	603	833	718	983
	1,2 m	SAAB	751	981	903	1168
	2,5 m	SAAC	912	1142	1105	1370
	4,0 m	SAAD	1098	1328	1337	1602
1,2 m	Chão	SABA	854	934	1014	1084
	1,2 m	SABB		1082		1269
	2,5 m	SABC		1243		1471
	4,0 m	SABD		1429		1703
2,5 m	Chão	SACA	1000	1080	1160	1230
	1,2 m	SACB		1228		1415
	2,5 m	SACC		1389		1617
	4,0 m	SACD		1575		1849
4,0 m	Chão	SADA	1168	1248	1328	1398
	1,2 m	SADB		1396		1583
	2,5 m	SADC		1557		1785
	4,0 m	SADD		1743		2017

Acréscimos na sequência de processo

Os acréscimos de sequência de processo (Tabela 3.12) são também compostos por passos de procedimento de módulos gerais. O iniciar e finalizar é alusivo ao início e fim de atividade com o empilhador, que abrange o subir e descer do empilhador, puxar e soltar travão de mão, colocar e tirar cinto de segurança, elevar e descer o garfo do empilhador à altura mínima e desaceleração devido a início e paragem de marcha. Este processo tem o fator de influência de com ou sem iniciar e desligar o motor. O elemento de apanhar e posicionar deve ser utilizado como um acréscimo aos TMU's dados pela sequência de processos. Sempre que a altura de apanhar ou posicionar for acima de 4 metros deve ser utilizado um acréscimo para compensar essa diferença.

Tabela 3.12. Elemento “Acréscimos de sequência de processo”.

Adaptado de: *Volkswagen Autoeuropa* (sem data-a)

			Tempo (TMU)	
Acréscimos de sequência de processo			Código	
			5LT	
			F	
			S	
Iniciar e finalizar	Sem iniciar e desligar	SZEO	603	603
	Com iniciar e desligar	SZEM	693	693
Apanhar e posicionar	Elevação > 4 metros	SZAW	148	164
	Carga instável	SZAL	260	260
	Garfo comprido	SZAG	135	155

Importa ainda referir, que existem um conjunto de regras particulares que os profissionais, que aplicam esta ferramenta têm em conta nas suas análises. Estas regras não serão alvo de explicação nesta dissertação, uma vez que são especificadas nas várias formações de MTM.

3.3. Análise do sistema de abastecimento atual

3.3.1 Cadeia de abastecimento

A *Volkswagen Autoeuropa* recebe as peças e materiais para todas as Áreas de Produção (Prensas, Carroçarias, Pintura e Montagem) de vários fornecedores, através de três modos de transporte: rodoviário, marítimo e aéreo. De um total de 653 fornecedores, 606 estão dispersos por todo o mundo, sendo que a maioria está localizada na Europa central. Os restantes 47 fornecedores encontram-se em Portugal, dos quais 19 abastecem de acordo com a filosofia *Just-in-Time*, provenientes do parque industrial da *Volkswagen Autoeuropa*.

Os materiais provenientes destes fornecedores são, maioritariamente, abastecidos por modo rodoviário, tendo a *Volkswagen Autoeuropa* recebido 10 282 camiões, durante o ano de 2016. Os fornecedores que abastecem de acordo com o *Just-in-Time* dirigem-se a um armazém específico para o processo JIT, pelo que esses materiais são diretamente abastecidos na linha de produção. Aquando da chegada do material à *Volkswagen Autoeuropa*, os restantes fornecedores, cujos camiões transportam peças para o abastecimento da linha de montagem, entram no armazém, denominado centro de otimização logística, o LOZ (*Logistikoptimierungszentrum*). Este armazém (Figura 3.10.) tem uma dimensão de 20 mil m^2 e um total 9750 localizações disponíveis, onde são armazenadas as milhares de peças que integram os modelos produzidos. Existem dois métodos de armazenamento, em estante e empilhamento, este último que está dividido em duas zonas de armazenamento (*block storage* e

estante virtual). O funcionamento deste centro de otimização logística revela uma otimização dos fluxos de abastecimento de peças à linha de montagem, uma vez que as peças são entregues na fábrica, em vez de passar por um armazém externo que existia previamente, chegando à linha de montagem num tempo mais curto.

O serviço logístico é prestado por um parceiro externo que realiza a gestão do LOZ. Este serviço engloba todas as movimentações internas dentro da *Volkswagen Autoeuropa*, desde a receção do material até ao retorno das embalagens vazias e o abastecimento à linha de montagem ou supermercados.



Figura 3.10. Vista geral do armazém da Volkswagen Autoeuropa

O abastecimento de materiais à fábrica é realizado pelos fornecedores, de acordo com o plano de produção, pelo que é feita a gestão atempada do abastecimento, tendo esta gestão a capacidade de adaptação e resposta às alterações do volume de produção. Posto isto, existem quatro processos principais da logística interna de peças com destino à linha de montagem (Figura 3.11): a receção de embalagens (*receiving*), o armazenamento (*put-away*), a recolha (*picking*) e o abastecimento à linha de montagem ou supermercados (*line-feeding*). Nesta dissertação apenas vai ser aplicado o método MTM aos três primeiros processos.

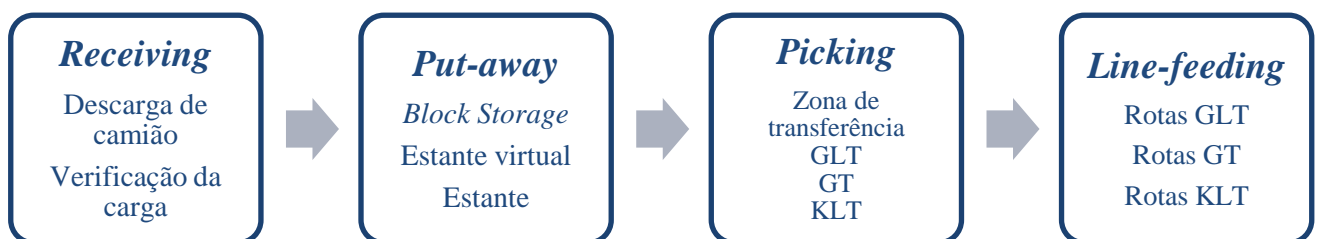


Figura 3.11. Esquematização do fluxo de embalagens com destino à linha de montagem

3.3.2 Tipos de embalagens

Na *Volkswagen* Autoeuropa, as embalagens são divididas pela seguinte classificação:

- i. GLT (*Großladungsträger*): Embalagens de grande porte (Figura 3.12);
- ii. KLT (*Kleinladungsträger*): Embalagens de pequeno porte (Figura 3.13);
- iii. GT: Conjunto de 15 KLT empacotadas como uma única unidade.



Figura 3.12. Exemplo de uma embalagem GLT

Fonte: *Volkswagen* Autoeuropa (2006)



Figura 3.13. Exemplo de uma embalagem KLT

Fonte: *Volkswagen* Autoeuropa (2006)

A classificação dos grupos de armazém de cada embalagem pode ser feita por peças de alto consumo (*high runners*) ou de baixo consumo (*low runners*). Na receção de embalagens, as KLT chegam sempre como GT, isto é, como uma unidade de carga, em palete, com 15 KLT. É no *picking* que é feita a distinção entre as KLT *high runners* e *low runners*, sendo as primeiras recolhidas individualmente e as segundas como uma paleta GT. Nesta dissertação são considerados os seguintes grupos de armazém:

Tabela 3.13. Distinção entre grupos de armazém

Grupo de Armazem	Consumo	<i>Receiving + Put-away</i>	<i>Picking</i>
A	Alto	GT	KLT
B2	Baixo	GT	GT
T2	Variável	GLT	GLT

A diferença entre embalagens com peças *low runners* e *high runners* (Tabela 3.13) está na sua taxa de utilização e de pedidos. Esta classificação é dada consoante a taxa de utilização da peça e a quantidade existente na embalagem, que vai ditar o intervalo de tempo em é efetuado o pedido da embalagem com a dita referência, para a linha de montagem. Isto significa, que as embalagens *low runners* têm um consumo na linha mais baixo. Esta classificação vai, também, determinar a respetiva zona de armazenamento da embalagem, explicadas adiante.

3.3.3 Receção das embalagens (*Receiving*)

A receção do camião (Figura 3.14) do fornecedor externo é realizada pelo Centro de Controlo de Tráfego (TCC - *traffic control center*), situado à entrada da fábrica. Neste local, é entregue, ao motorista do camião, um formulário para iniciar o registo referente à carga que vai dar entrada na *Volkswagen Autoeuropa* e verificada a informação de acordo com a guia de transporte. Seguidamente, é realizada a introdução da informação da guia de remessa no sistema de informação logístico (LOGIS) e a impressão da respetiva *checklist*. A permissão para o camião entrar na *Volkswagen Autoeuropa* e a indicação para se dirigir ao armazém é enviada pelo sistema de controlo do camião (*LKW Control*), através de um telemóvel de apoio, com ligação GPS.

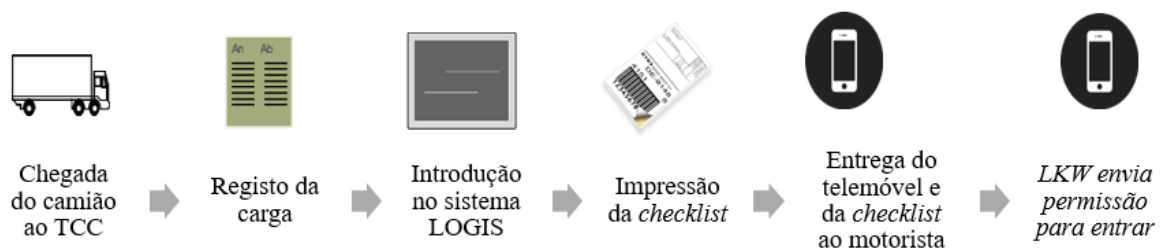


Figura 3.14. Esquematisação do processo de chegada do camião

O processo subsequente é realizado pelo operador logístico. Este processo logístico de abastecimento de materiais à linha de montagem inicia com a receção das embalagens, que se divide em dois processos, a descarga do camião e a verificação de carga. A descarga do camião abrange:

identificado algum defeito na embalagem que possa comprometer a qualidade das peças, esta é enviada para o centro de qualidade para ser inspecionada (*Quality Center*). Assim, são inspecionadas todas as peças contidas na embalagem para confirmar a conformidade e qualidade das mesmas.

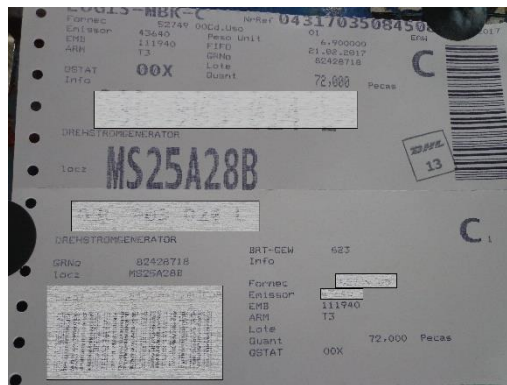


Figura 3.16. Exemplo de uma etiqueta C

No caso da receção de embalagens KLT, estas são recebidas como uma palete de 15 unidades de embalagem KLT, ou seja, uma unidade GT, com a exceção da operação de impressão e carimbo de etiquetas. Como cada etiqueta é referente a uma unidade e as KLT do grupo A são consideradas unidades individuais, é necessário imprimir e carimbar as 15 etiquetas provenientes em cada GT do grupo A. No caso do grupo de armazém B2, isso já não se verifica pois as KLT contidas na unidade nunca são consideradas unidades individuais.

3.3.4 Armazenamento (*Put-away*)

O processo de armazenamento consiste na recolha das embalagens do *buffer* de descarga, referido anteriormente, para a localização de armazenamento. Neste processo, o operador lê a etiqueta C que foi colocada no processo anterior. Esta indica a localização exata de armazenamento da embalagem, que inclui: corredor, número da coluna, direita/esquerda e a localização vertical na coluna. Posteriormente, o operador procede para o armazenamento consoante a localização lida na etiqueta. Este processo termina quando o operador faz scan da etiqueta e do código de barras presente em cada localização com o *Hand Held Terminal* (HHT) (Figura 3.17). Este aparelho que funciona como *scanner*, vai confirmar no sistema a embalagem na respetiva localização.

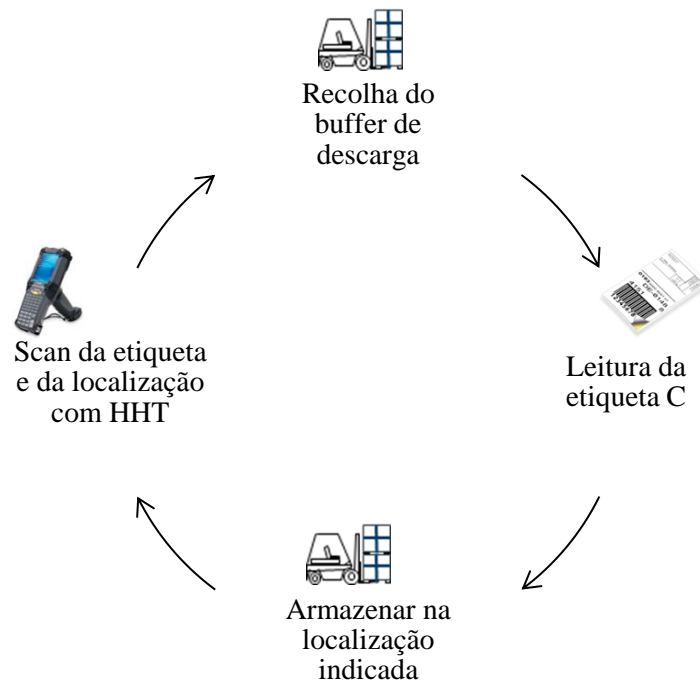


Figura 3.17. Esquematização do processo de *put-away*

O armazenamento de material por zonas de armazém é efetuado segundo 3 critérios:

- i. Data de FIFO: data em que é colocada a embalagem no armazenamento e a data que se prevê que seja requisitada;
- ii. *Part-number*: tipo de peça;
- iii. Tipo de embalagem: GLT, GT ou KLT.

O processo de *put-away* pode dividir-se em três tipos localizações diferentes: *Block Storage*, Estante virtual e Estante. A Figura 3.18 explicita a afetação de cada tipo de embalagem a cada zona de armazenamento, consoante a sua classificação de consumo e grupo de armazém.

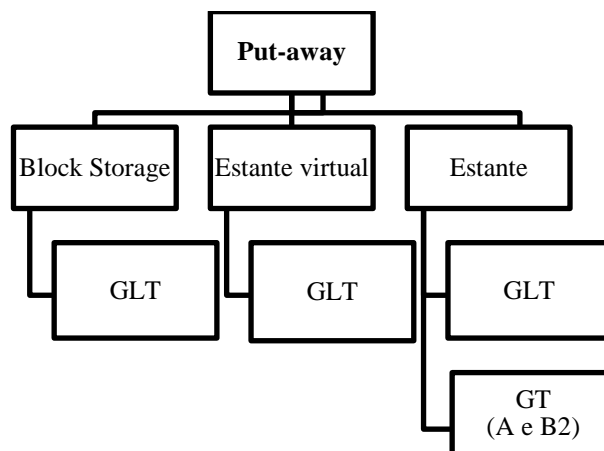


Figura 3.18. Afetação de embalagens a zonas do armazém

Block Storage

O método de armazenamento desta zona é empilhamento. As embalagens que vão para o *block storage* (Figura 3.19) são considerados *high runners*, ou seja, são embalagens com peças consideradas de alta utilização, na qual a sua taxa de utilização é significativamente maior que as restantes. Devido ao fator de empilhamento das embalagens, apenas são armazenados embalagens GLT. A vantagem deste tipo de armazenamento é que todas as embalagens da mesma coluna contêm a mesma referência, logo, a mesma peça, pelo que a embalagem é colocada na primeira localização, no topo do lote de embalagens. Assim, não existem diferentes localizações verticais dentro da mesma coluna e a recolha também é realizada sem movimentos adicionais.



Figura 3.19. Zona de armazenamento *Block Storage*

Estante virtual

O método de armazenamento desta zona é, tal como o *block storage*, empilhamento. Neste tipo de armazenamento são, também, armazenadas apenas embalagens GLT. Em termos visuais, a estante virtual é exatamente igual ao *block storage*. A diferença consiste na sua organização, que contém diferentes localizações verticais na mesma coluna (Figura 3.20), e na classificação de peças, que neste caso são *low runners* (taxa de utilização baixa). A vantagem é a flexibilidade de armazém para mudanças no *mix* de produção, que influencia a distinção das peças entre *high runners* e *low runners*. Aquando dessa alteração de classificação de peças, a estante virtual pode ser configurada para *block storage*. A desvantagem desta zona de armazenamento consiste na necessidade de realizar movimentos adicionais para colocar cada embalagem na localização devida. Isto porque em cada coluna estão empilhadas várias embalagens com diferentes referências.

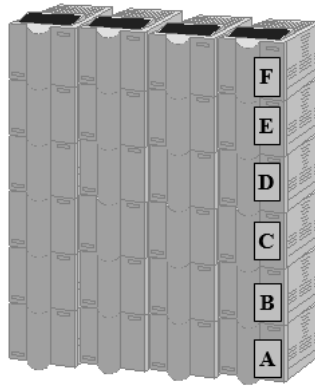


Figura 3.20. Ilustração da organização de uma estante virtual (6 metros)

Tendo em consideração as dimensões e o fator de empilhamento das GLT, a altura máxima do *block storage* e da estante virtual é 6 metros, pelo que as operações são realizadas por um empilhador elétrico.

Estantes

Nas estantes (Figura 3.21) são armazenados todos os tipos de embalagens em estudo: GLT e GT, que é um conjunto de 15 KLT. O transporte das embalagens para a estante é realizado por um empilhador retrátil, devido à altura a que o garfo necessita de alcançar e à largura do corredor.

No entanto, o processo de armazenamento de embalagens nas estantes pressupõe um subprocesso adicional (Figura 3.22). Aquando da recolha das embalagens no *buffer* de descarga, as embalagens são transportadas por um empilhador elétrico para um *buffer* junto à estante. Seguidamente, o empilhador retrátil recolhe a embalagem do *buffer* da estante para a localização indicada na etiqueta C.

Este processo foi adicionado por duas razões: 1) devido à falta de empilhadores retrateis para realizar toda a recolha dos *buffers* de descarga, necessitando de percorrer uma longa distância e 2) devido à impossibilidade de os empilhadores elétricos realizarem o armazenamento na estante, devido à altura da mesma e a largura dos corredores.



Figura 3.21. Zona de armazenamento de estante

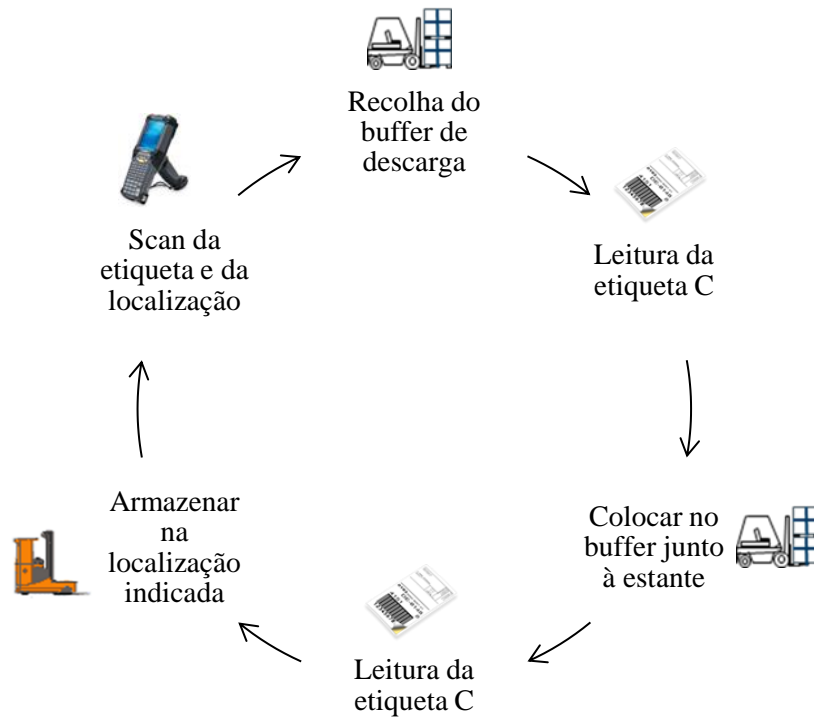


Figura 3.22. Esquematização do processo adicional de armazenamento na estante

As estantes têm 3,30 metros de largura, uma profundidade de 1,20 metros e oito prateleiras a partir do chão, sendo a altura de cada uma de 1,25 metros e perfazendo um total de 10 metros. Na Figura 3.23 encontra-se esquematizado um exemplo da organização de localizações de armazenagem da zona de estante. Esta organização é feita por: corredor, direita (A) e esquerda (B), número da coluna e localização vertical (A a H).

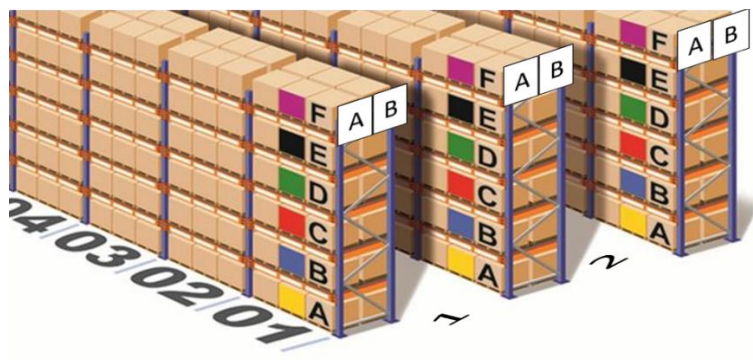


Figura 3.23. Exemplo de organização das localizações da estante

Seguidamente, apresenta-se um resumo das condições de armazenamento no LOZ, em termos de zona de armazenamento, tipo de embalagem e tipo de empilhador utilizado (Tabela 3.14).

Tabela 3.14. Resumo das condições de armazenamento

Zona de armazenamento	Tipo de embalagem	Tipo de empilhador
<i>Block Storage</i>	GLT	Elétrico
Estante virtual	GLT	Elétrico
Estante	GT, GLT	Retrátil
<i>Buffer</i> da estante	GT, GLT	Elétrico

3.3.5 Recolha (*Picking*)

O *picking* é desencadeado com a chegada de pedidos face às necessidades da linha de montagem, relativo ao volume diário de carros a produzir. Estes pedidos são recebidos no HHT (*Hand Held Terminal*), utilizado pelo operador. O tempo de reabastecimento é a antecipação com que se pretende que o sistema realize os pedidos e deve estar alinhado com o tempo que se leva desde a emissão do pedido até à entrega no local onde as peças são necessárias (POF - *Point of fit*). A recolha tem a mesma organização que o armazenamento, com a diferença que as KLT, embalagens do grupo de armazém A, são recolhidas individualmente. A organização do *picking* para as zonas de transferência encontra-se na Figura 3.24.

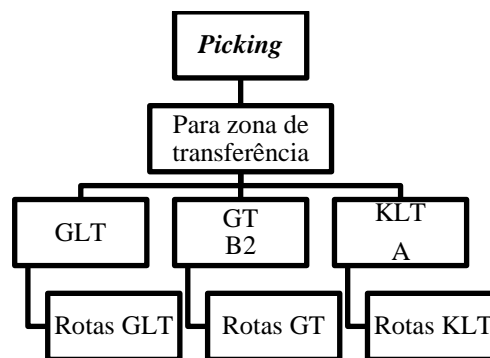


Figura 3.24. Organização do *picking*

Aquando do início da recolha, é realizado o *scan* da etiqueta C, anteriormente colocada, e deste modo é realizada a confirmação no sistema de que a recolha da embalagem foi efetuada. O HHT imprime a etiqueta B, que o operador cola na embalagem e que contém informação sobre o dia, a hora e a zona da linha de montagem na qual a respetiva embalagem ou caixa é requerida. Após a recolha, as embalagens são transportadas para a zona de transferência (Figura 3.25).

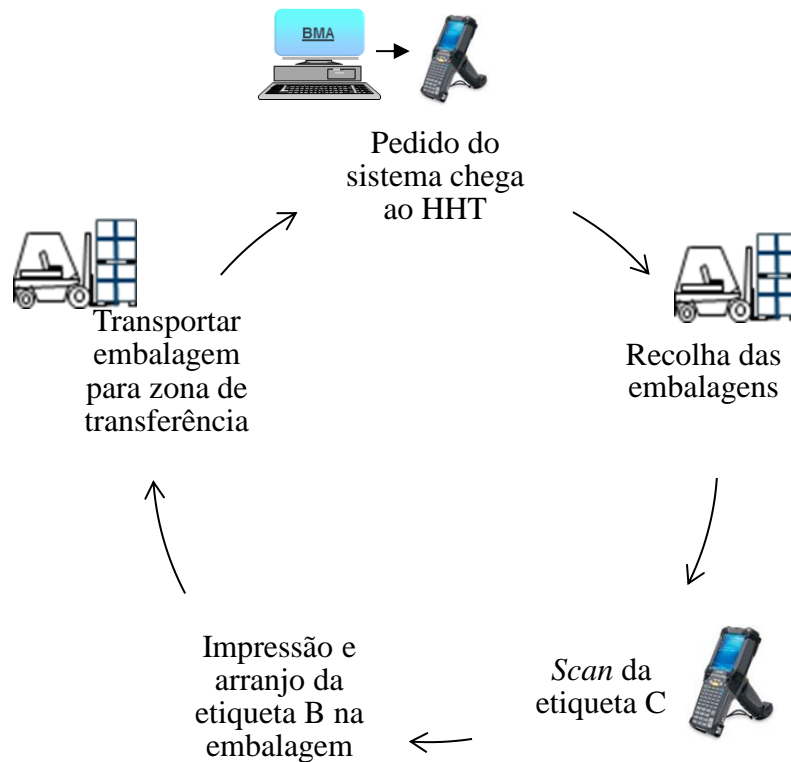


Figura 3.25. Esquematização do processo de *picking*

No *block storage* são recolhidas as embalagens GLT, para a zona de transferência das mesmas, que tem como destino as rotas GLT. Cada coluna de armazenamento corresponde apenas a uma referência de peça, quer isto dizer que no *picking* é possível retirar a primeira embalagem da coluna sem movimentos adicionais. Do mesmo modo, na estante virtual são, também, recolhidas embalagens GLT, para a zona de transferência das rotas GLT. Nestas duas zonas de armazenamento, o *picking* é realizado com um empilhador elétrico. Por sua vez, a zona de estante está dividida consoante as rotas de abastecimento à linha, e portanto, o *picking* é realizado de acordo com as mesmas. Neste processo de recolha da estante, as embalagens recolhidas são divididas em três tipos:

- i. GLT: Embalagens GLT que são transferidas para a zona de transferência dedicada às rotas GLT;
- ii. GT: Embalagens GT, que constituem uma paleta de 15 KLT, mas que são recolhidas como uma unidade e são segregadas para a zona de transferência, que tem como destino as rotas GT;
- iii. KLT: Caixas KLT, que são recolhidas como pedidos individuais para a zona de transferência das rotas KLT.

À semelhança do armazenamento, a recolha das GLT e GT na estante é realizada com um empilhador retrátil. Neste aspeto, as embalagens KLT são consideradas uma exceção. A recolha é realizada por um *order picker* (Figura 3.27), no qual o operador pega nas caixas manualmente, colocando-as no suporte denominado *bundle* (Figura 3.26)



Figura 3.26. *Bundle* utilizado na recolha de KLT



Figura 3.27. *Order picker* utilizado no processo de *picking* de KLT.

Fonte: STILL GmbH (2017)

O momento de início de recolha é decidido pelo operador, face ao número de pedidos suficientes para encher o suporte, que tem capacidade para 24 unidades. No final deste ciclo, o *bundle* cheio é colocado na zona de transferência de KLT e o *bundle* vazio é recolhido na mesma zona (Figura 3.28).

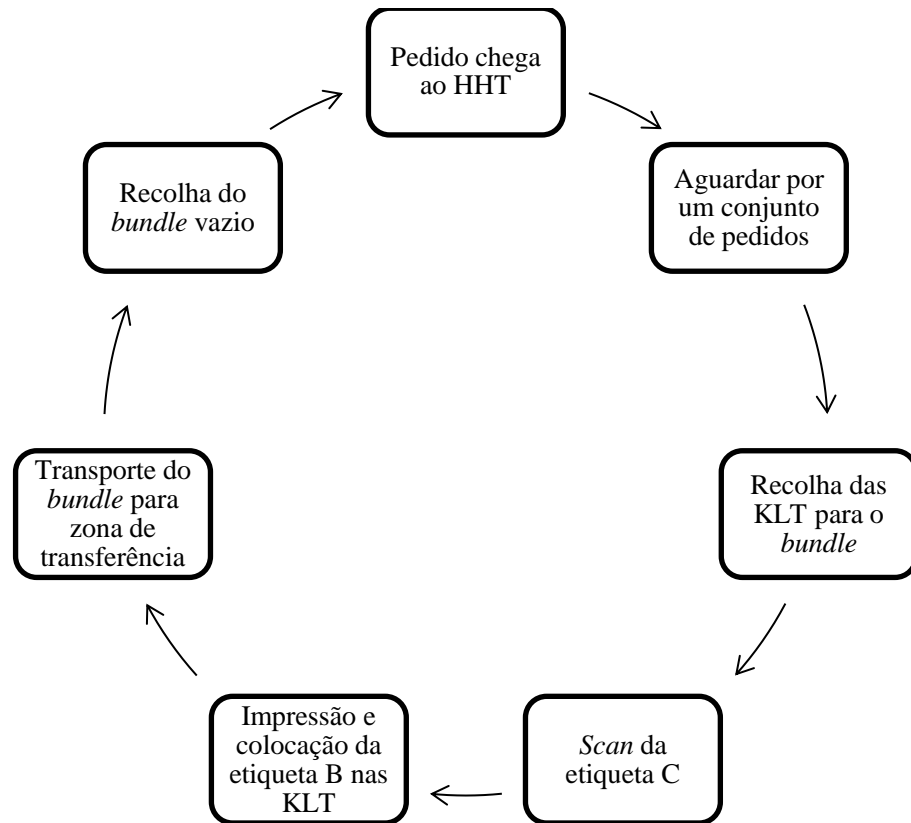


Figura 3.28. Esquematisação do processo de *picking* de KLT

Na Tabela 3.15, encontra-se um resumo das condições do processo de *picking*, relativo à zona de recolha/armazenamento, tipo de embalagem e tipo de empilhador

Tabela 3.15. Resumo das condições de recolha

Zona de recolha	Tipo de embalagem	Tipo de empilhador
<i>Block Storage</i>	GLT	Elétrico
Estante virtual	GLT	Elétrico
Estante	GT, GLT	Retrátil
Estante	KLT	<i>Order picker</i>

3.3.6 Abastecimento à linha de produção ou supermercados (*line-feeding*)

O *line-feeding* consiste em 3 tipos de rotas dependendo do tipo de embalagem:

- i. Rotas GLT;
- ii. Rotas GT;
- iii. Rotas KLT.

Nestas, o material é recolhido da zona de transferência dedicado a cada tipo de embalagem e abastecido na zona requerida, que tanto pode ser uma estação de trabalho na linha de montagem como um supermercado de apoio à produção, para depois ser efetuada a devida sequenciação. Cada rota tem o seu trajeto, número de referências de peças a recolher e o número de paragens no local de utilização das peças, previamente definido, sendo o processo realizado por um comboio logístico. Após a entrega do material o operador deverá recolher as embalagens vazias e, posteriormente, entregar na área de segregação de embalagens vazias.

Rotas GLT

As rotas GLT são compostas por 15 rotas que diferem nas zonas da Área da Montagem que abastecem e nas respetivas referências de peças. O comboio logístico para esta rota tem 3 atrelados, que transporta GLT cheias provenientes da zona de transferência. Em cada paragem, na linha de montagem ou supermercado, para abastecimento da embalagem GLT procede-se à troca da embalagem GLT cheia com a embalagem GLT vazia presente na linha de produção ou supermercado. No final da rota, o comboio logístico transporta as 3 embalagens GLT vazias para a zona dos vazios no armazém.

Rotas GT

As rotas GT estão divididas em 3 rotas diferentes: GTA, GTG e GTF. Estas, tal como as rotas GLT, diferem na zona da linha de montagem e nas respetivas peças que abastecem e recolhem na zona de transferência. Apesar de denominação da rota ser GT, as embalagens recolhidas na zona de transferência e abastecidas pela rota são KLT. Esta denominação acontece porque a recolha dos pedidos da estante, para a zona de transferência (processo de *picking*) é realizada como uma unidade de GT, e não individualmente. O comboio logístico para esta rota tem 3 atrelados, em que os dois primeiros transportam uma *rack* de embalagens KLT cheias para o abastecimento e o último transporta as embalagens KLT vazias recolhidas para a zona das embalagens vazias.

Rotas KLT

Similarmente à rota GT, o comboio logístico da rota KLT é constituído por 3 atrelados, em que os dois primeiros atrelados constituem o *bundle* com KLT cheias, anteriormente recolhidas (processo de *picking*), que vão ser abastecidas na linha de produção ou supermercado. O último é reservado para a recolha das KLT vazias em cada POF. Existem 5 rotas KLT que diferem na distância total e na zona da Área de Montagem a abastecer. Tendo em conta que cada *bundle* tem a capacidade máxima de 24 KLT, o número máximo de KLT abastecidas à linha de produção, por ciclo, é de 48 pois em cada rota são levados dois atrelados. As 5 rotas são denominadas Alemanha, França, Grécia, Itália e Portugal.

3.4. Análise de dados

Como se trata do primeiro estudo efetuado na *Volkswagen* Autoeuropa no âmbito de análise de processos no armazém logístico, através do MTM-SOL, foi necessário recolher dados relativos a cada um dos processos. Dado que os dados necessários para esta análise nunca foram recolhidos e tratados de uma forma centralizada, foi necessário recorrer a dados provenientes de várias fontes.

Com o intuito de se realizar um estudo de tempos para os processos logísticos que possa ser adaptado a uma variação no volume de produção, é necessário calcular as embalagens por veículo produzido em cada processo. A quantidade embalagens por veículo ou carro produzido é definida como a quantidade de embalagens movimentada em cada processo, proporcionalmente a cada unidade produzida na linha de montagem. Isto garante a flexibilidade dos cálculos dos processos logísticos aquando de variações no volume de produção.

3.4.1 *Receiving e Put-away*

Para a análise do processo da receção de embalagens, foram coletados dados recolhidos pelos operadores do parceiro logístico da *Volkswagen* Autoeuropa, no momento da descarga de cada camião. A recolha ocorreu durante 80 dias, isto é, 16 semanas. O volume de produção diário relativo a este período foi de 313 carros por dia e o total de embalagens recebidas foi de 86 394 unidades. A tabela, que se encontra no anexo 2, apresenta o total de embalagens recebidas (GLT e GT), em cada dia analisado. A partir dessa tabela, foram somadas as quantidades totais da amostra, relativas a cada dia da semana, das 16 semanas em análise (Tabela 3.16)

Tabela 3.16. Amostra da quantidade de embalagens recebidas por dia da semana

Dia da semana	Embalagens GLT recebidas (un)			Embalagens de GT recebidas (un)		
	Total	Por dia	Por veículo produzido	Total	Por dia	Por veículo produzido
	16 semanas			16 semanas		
2 ^a	17629	1101,81	3,52	6936	433,50	1,38
3 ^a	13021	813,81	2,60	5088	318,00	1,02
4 ^a	12200	762,50	2,44	2679	167,44	0,53
5 ^a	9953	622,06	1,99	3261	203,81	0,65
6 ^a	11590	724,38	2,31	4037	252,31	0,81
Total	64393			22001		

Tomando como exemplo o caso da segunda-feira, pode afirmar-se que, no total das 16 semanas, isto é 16 segundas-feiras, chegaram 17629 embalagens GLT. O cálculo da quantidade de embalagens GLT por dia é dado pela equação 5.

$$\text{Embalagens recebidas por dia (un)} = \frac{\text{Quantidade total (dia da semana)}}{\text{Total de dias (dia da semana)}} \quad (5)$$

$$\text{Embalagens GLT recebidas por dia (un)} = \frac{17\,629 \text{ unidades}}{16 \text{ dias}} = 1101,81 \text{ embalagens/dia}$$

Assim, foram recepcionadas 1101,81 embalagens GLT por dia.

Para o cálculo de embalagens recebidas por veículo produzido, aplicou-se a equação 6.

$$\text{Embalagens recebidas por veículo produzido (un)} = \frac{\text{Embalagens por dia}}{\text{Veículos produzidos por dia}} \quad (6)$$

$$\text{Embalagens GLT por veículo produzido (un)} = \frac{1101,81}{313} = 3,52 \text{ unidades por veículo produzido}$$

Com isto, conclui-se que, à segunda-feira, a cada unidade produzida chegam 3,52 embalagens GLT. O cálculo foi realizado de forma análoga para os restantes dia da semana e para a embalagem GT. Apesar de o volume médio diário ser constante, as embalagens recebidas variam consoante o dia da semana. Isto acontece porque muitos dos fornecedores estão espalhados por vários países da Europa e as viagens são realizadas, maioritariamente, ao fim de semana e consoante a disponibilidade do fornecedor. Outra razão poderá ser a realização de *crossdocking*, no qual os camiões que abastecem a *Volkswagen Autoeuropa* podem transportar a carga para outros locais e, portanto, a gestão dos camiões é realizada considerando esses fatores.

Estes dados têm a desvantagem de não diferenciarem os grupos de armazém de GT, pelo que não se tem conhecimento da quantidade de paletes GT de grupo B2 ou de grupo A. Assim recorreu-se aos dados do sistema de informação logístico. Este sistema regista o armazenamento de cada tipo de embalagem em cada localização, pelo que se conseguiu extrair tabelas, com registo de quantidades armazenadas durante 11 dias. No anexo 3, encontra-se um excerto da tabela recolhida do sistema relativamente ao armazenamento das embalagens GLT. A tabela original tem mais de 3000 linhas, pelo que não seria viável colocar a sua totalidade nesta dissertação. O anexo 4 e 5 correspondem, respetivamente, a excertos das tabelas de armazenamento de GT e KLT. Após uma análise profunda das tabelas originais, resumiu-se as quantidades armazenadas, durante os 11 dias, de cada tipo de embalagem na Tabela 3.17.

Tabela 3.17. Amostra da quantidade de cada tipo de embalagem armazenada durante 11 dias

Tipo de embalagem	Quantidade armazenada (un)
GLT	8623
GT	1552
KLT	23238
Total	33413

O total de veículos produzidos neste período foi 3410. Assim, para calcular a quantidade de embalagens por veículo produzido, empregou-se a seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Embalagens armazenadas por veículo produzido (un)} & \quad (7) \\ &= \frac{\text{Quantidade de embalagens armazenadas}}{\text{Veículos produzidos}} \end{aligned}$$

Tomando como exemplo a embalagem GLT, obteve-se o seguinte resultado:

$$\begin{aligned} \text{Embalagens GLT armazenadas por veículo produzido (un)} &= \frac{8623}{3410} \\ &= 2,53 \text{ embalagens por veículo produzido} \end{aligned}$$

Seguindo o mesmo raciocínio para as restantes embalagens, obteve-se a Tabela 3.18 que indica as quantidades de cada tipo de embalagem armazenadas por cada veículo produzido.

Tabela 3.18. Quantidade de embalagens armazenadas por veículo produzido

Tipo de embalagem	Quantidade armazenada por veículo produzido (un)
GLT	2,53
GT	0,46
KLT	6,81

Apesar de não indicar a quantidade exata de receção, pode assumir-se que as quantidades armazenadas devem ser equivalentes às quantidades de embalagens recebidas, com a exceção das embalagens que chegam danificadas e, portanto, não são armazenadas. Na amostra analisada anteriormente (anexo 2), o número total de embalagens recebidas foi de 86394 no qual 473 chegaram danificadas. Ora, este valor representa 0,55% das embalagens, pelo que se pode considerar que essa é a percentagem de embalagens que chega danificada e adicionar esse valor às quantidades de armazenamento recolhidas no sistema de informação, para definir as quantidades recebidas (Tabela 3.19). Assim, as unidades por veículo produzido consideradas para o processo de receção de embalagens são:

Tabela 3.19. Quantidade de embalagens recebidas por veículo produzido (com correção)

Tipo de embalagem	Quantidade recebida por veículo produzido (un)
GLT	2,54
GT	0,46
KLT	6,84

Como já mencionado, existem três zonas de armazenamento. O *block storage*, a estante virtual e a estante. As embalagens GT e KLT apenas são armazenadas nesta última zona. Por sua vez, as embalagens GLT podem ser armazenadas em qualquer das zonas. Assim, é necessário quantificar a alocação das embalagens GLT a cada zona de armazenamento. De um total de 8623 movimentações de armazenamento de embalagens GLT (Tabela 3.17) extraíram-se das tabelas retiradas do sistema (anexo 3), as percentagens de armazenamento em cada zona (Tabela 3.20), após analisadas as quantidades em cada corredor.

Tabela 3.20. Percentual de armazenamento de embalagens GLT em cada zona

Zona de armazenamento	Quantidade armazenada (un)	Percentual (%)
Estante	2021	23,32
<i>Block Storage</i>	4121	47,79
Estante Virtual	2491	28,89
Total	8623	100

Assim, é armazenada na estante, *block storage* e estante virtual, respetivamente, 23,32%, 47,79% e 28,89% da quantidade total de embalagens GLT recebidas por dia.

3.4.2 *Picking*

O *picking* é realizado consoante a chegada de pedidos para recolha de embalagens que, posteriormente, são entregues à linha de produção pelas rotas de abastecimento. Assim, ao estudar as quantidades por dia relativas a cada rota, é possível obter, também, os valores diários da recolha de embalagens pois estes estão diretamente interligados. Tal como já foi referido, não existe uma centralização dos dados necessários para estudo, pelo que foi necessário recorrer a várias fontes. Note-se que no processo de *picking*, as KLT são movimentadas individualmente, ao contrário do que acontecia nos processos anteriores de serem movimentadas como uma GT. Assim, os dados referentes aos três diferentes tipos de embalagens estudados nesta dissertação serão analisados individualmente.

Embalagens GLT

Primeiramente, para o estudo das quantidades diárias de recolha de embalagens GLT, foi recolhida, pelos operadores do parceiro logístico, uma amostra da requisição de embalagens para a linha de produção, durante 23 dias, para as 15 rotas de abastecimento de embalagens GLT (Tabela 3.21).

Tabela 3.21. Amostra da quantidade de embalagens GLT requisitadas para cada rota, durante 23 dias

Rota	Quantidade embalagens GLT (un)
Rota 1	1662
Rota 2	1505
Rota 3	1351
Rota 4	322
Rota 5	760
Rota 5	1004
Rota 6	566
Rota 7	905
Rota 8	90
Rota 9	826
Rota 10	1910
Rota 11	2155
Rota 12	1510
Rota 13	1599
Rota 14	1422
Rota 15	257
Total	17844

Assim, a quantidade total de embalagens GLT recolhidas durante este período foi de 17844. Para ser possível ajustar os valores de pedidos a uma alteração ao volume de produção, é necessário calcular a quantidade de embalagens GLT requeridas por veículo produzido. Sabendo que, durante o intervalo de tempo da amostra foram produzidos 8064 veículos, a quantidade de embalagens GLT recolhidas por veículo produzido é dada pela equação 8.

$$\begin{aligned} &\text{Quantidade de embalagens recolhidas por veículo produzido (un)} && (8) \\ &= \frac{\text{Quantidade de embalagens recolhidas}}{\text{Veículos produzidos}} \end{aligned}$$

$$\text{Quantidade de embalagens GLT por veículo produzido (un)} = \frac{17844}{8064} = 2,21 \text{ embalagens}$$

Logo, o número de embalagens GLT requisitadas a cada veículo produzido é de 2,21 unidades.

Embalagens GT

Por não existir possibilidade de recolher uma amostra com requisições de forma equivalente aos cálculos relativos às embalagens GLT, analisaram-se as peças especificamente abastecidas por cada rota GT e o seu consumo na linha de produção, para determinar as quantidades de embalagens GT recolhidas. Os anexos 6, 7 e 8 apresentam as tabelas iniciais com os dados de consumo diário de cada peça e a quantidade da respetiva peça, em cada embalagem KLT para as rotas GT. Note-se que nestas rotas, apesar da denominação, o *picking* é realizado como uma embalagem GT (palete) mas o abastecimento à linha é realizado como embalagem KLT. A quantidade de peças por embalagem refere-se a uma embalagem KLT e o consumo de embalagens por dia, presente no mesmo anexo, foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Consumo embalagens KLT por dia} = \frac{\text{Consumo diário da peça}}{\text{Quantidade de peças na embalagem KLT}} \quad (9)$$

Resumindo, as quantidades recolhidas no processo de *picking*, e abastecidas no processo de *linefeeding*, para a rota GTA, GTG e GTF encontram-se na Tabela 3.22.

Tabela 3.22. Quantidade de embalagens GT recolhidas em cada rota

	Consumo de embalagens (un)		
	Embalagens KLT/dia	Embalagens KLT/veículo produzido	Embalagens GT/veículo produzido
Rota GTA	594,72	1,90	0,13
Rota GTG	569,50	1,82	0,12
Rota GTF	507,50	1,62	0,11
	Total		0,36

O consumo de embalagens KLT por dia, já calculado, serve de base para o cálculo do consumo de embalagens KLT por veículo produzido, em cada rota GT, considerando que são produzidos diariamente 313 veículos, exemplifica-se a equação 10 aplicando-a ao cálculo para a rota GTA.

$$\text{Consumo embalagens KLT por veículo produzido} = \frac{\text{Consumo diário de embalagens}}{\text{Número de veículos a produzir}} \quad (10)$$

$$\text{Consumo embalagens KLT por veículo produzido}_{\text{rota GTA}} = \frac{594,72}{313} = 1,90 \text{ embalagens}$$

Visto que o objetivo é analisar a recolha de embalagens GT, e não de KLT, determina-se o consumo das embalagens GT, para cada rota, considerando que cada uma destas embalagens transporta 15 embalagens KLT, pela aplicação da equação 11.

$$\text{Consumo embalagens GT por veículo produzido} = \frac{\text{Consumo de embalagens KLT}}{\text{Número de KLT em cada GT}} \quad (11)$$

$$\text{Consumo embalagens GT por veículo produzido}_{\text{rota GTA}} = \frac{1,90}{15} = 0,13 \text{ embalagens GT}$$

$$\text{Consumo embalagens GT por veículo produzido}_{\text{rota GTG}} = \frac{1,82}{15} = 0,12 \text{ embalagens GT}$$

$$\text{Consumo embalagens GT por veículo produzido}_{\text{rota GTF}} = \frac{1,62}{15} = 0,11 \text{ embalagens GT}$$

Assim, a quantidade total de embalagens GT recolhidas é de 0,36 por veículo produzido (Tabela 3.22).

Embalagens KLT

Relativamente às embalagens KLT, o cálculo foi realizado de forma equivalente às embalagens GLT, pelo que se recolheu uma amostra dos pedidos provenientes da linha de produção, durante 5 dias, para cada rota KLT. A Tabela 3.23 apresenta os valores dos pedidos de embalagens KLT à linha de produção, isto é, a quantidade de KLT recolhidas durante este período.

Tabela 3.23. Amostra da quantidade de embalagens KLT requisitadas durante 5 dias, para cada rota

Rota	Quantidade embalagens KLT (un)
Alemanha	2176
França	2097
Grécia	2682
Itália	1783
Portugal	2287
Total	11025

Para se conseguir ajustar os valores de pedidos a uma alteração do volume de produção, é necessário calcular a quantidade de embalagens KLT requeridas por veículo produzido, durante estes 5 dias. Sabendo que, durante o intervalo de tempo da amostra foram produzidos 1685 veículos, determinou-se a quantidade de embalagens KLT por veículo produzido (Tabela 3.24) cuja fórmula está disponível na equação 8. Exemplifica-se com a aplicação no cálculo para a rota Alemanha, admitindo que para as restantes o mesmo foi realizado de forma análoga.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de embalagens GLT por veículo produzido}_{\text{Rota Alemanha}} (\text{un}) &= \frac{2176}{1685} \\ &= 1,29 \text{ unidades KLT/carro} \end{aligned}$$

Tabela 3.24. Quantidade de embalagens KLT consumidas por veículo produzido, para cada rota

Quantidade de embalagens KLT recolhidas (un)	
Rota	por veículo produzido
Alemanha	1,29
França	1,24
Grécia	1,59
Itália	1,06
Portugal	1,36
Total	6,54

Com isto, conclui-se que a quantidade de embalagens KLT por veículo produzido, recolhidas da estante, é de 6,54. A Tabela 3.25 resume as quantidades recolhidas por veículo produzido, de cada tipo de embalagem.

Tabela 3.25. Resumo da quantidade de embalagens recolhidas por veículo produzido

Tipo de embalagem	Quantidade recolhida por veículo produzido (un)
GLT	2,21
GT	0,36
KLT	6,54

3.5. Aplicação do método MTM-SOL

Neste subcapítulo, será apresentada a aplicação do método para cada processo e tipo de embalagem, perfazendo um total de 3 processos e 19 operações que variam na zona de armazenamento e tipo de embalagem, para determinação do tempo normal. O desenvolvimento do estudo e a definição das premissas foram realizados por observação prolongada das operações apresentadas e troca de ideias com os operadores que as executam, diariamente. Note-se que os processos são dinâmicos, ou seja, o operador não se encontra a efetuar operações num local exatamente definido, o que torna os fatores de influência, como distâncias e alturas, muito variáveis devido à dimensão do armazém e diferenças nas localizações. Assim, para determinar um tempo normal por operação e por embalagem, foi necessário definir certas premissas, considerando valores médios ou ocorrências mais frequentes.

3.5.1 *Receiving*

Como anteriormente explicado, o processo *receiving* está dividido em duas operações distintas: descarga do camião e verificação da carga, às quais será aplicada o método MTM-SOL, de seguida.

Primeiramente, é necessário definir as características e valores dos fatores de influência esclarecidos ao longo do capítulo de caracterização do MTM-SOL (capítulo 3.2). Através da observação dos processos e análise do *layout*, admitiram-se fatores de influência para a descarga do camião (Tabela 3.26).

Tabela 3.26. Apresentação das premissas gerais do processo de descarga do camião

Premissas gerais do processo de descarga do camião	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Compridos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura média da carga no camião (m)	4
Distância entre camião e <i>buffer</i> de descarga (m)	11

A quantidade de embalagens retiradas, de cada vez, pelo garfo do empilhador é a quantidade por ronda definida consoante as dimensões das GLT e GT, relativamente às dimensões do garfo do empilhador e o permitido relativamente às regras de segurança da *Volkswagen* Autoeuropa. O número total de embalagens proveniente em cada camião vai influenciar o número de rondas e, por sua vez, os tempos normais da operação, pelo que foram consideradas quantidades separadas para GLT e GT, apresentadas na Tabela 3.27. Admite-se que os camiões não trazem carga misturada, ou seja, a carga é de apenas GLT ou apenas GT e os valores apresentados, fornecidos pelo operador logístico, baseiam-se na quantidade de cada tipo de embalagem, mais frequentemente trazida em cada camião.

Tabela 3.27. Apresentação das premissas específicas para cada tipo de embalagem

Premissas específicas para cada tipo de embalagem		
Tipo de embalagem	GTL	GT
Número total de embalagens no camião	67	50
Quantidade por ronda (no garfo)	2	3
Número de rondas	34	13
Quantidade de KLT	Não aplicável	15

O número de rondas é definido como o número de vezes que o empilhador se desloca ao camião para realizar uma operação de apanhar e posicionar e obtém-se pela equação 12.

$$\text{Número de rondas} = \frac{\text{Número total de embalagens no caminhão}}{\text{Quantidade retirada pelo garfo}} \quad (12)$$

$$\text{Número de rondas}_{\text{GLT}} = \frac{67}{2} = 33,5 \sim 34 \text{ rondas}$$

$$\text{Número de rondas}_{\text{GT}} = \frac{50}{3} = 16,66 \sim 17 \text{ rondas}$$

Logo, aquando da chegada de um caminhão de embalagens GLT, o operador desloca-se ao caminhão 34 vezes para retirar 2 embalagens GLT de cada vez. No caso de um caminhão com embalagens GT, o operador realiza 17 rondas, em que retira 3 embalagens GT de cada vez.

O processo inicia quando o operador realiza as operações de iniciar o empilhador, como colocar cinto, ligar empilhador, entre outros, e se desloca para o caminhão, sobe o garfo à altura da carga e retira a mesma, descendo o garfo. A carga é colocada no chão, no *buffer* de descarga, em frente ao caminhão. Este é o processo apanhar e posicionar *standard*, pelo que não são considerados os movimentos adicionais que o operador realize. O processo finaliza quando toda a carga vinda no caminhão foi transferida para o *buffer* de descarga e o operador desliga o empilhador. Segue-se então a análise MTM-SOL para embalagens GLT (Tabela 3.28).

A operação de apanhar e posicionar é realizada com alinhamento e a frequência traduz a quantidade de vezes que é realizada, que é igual ao número de rondas. Para o caso das embalagens GLT, as 2 embalagens no garfo, definidas na Tabela 3.27, são apanhadas e posicionadas no mesmo movimento. A operação de conduzir tem uma frequência de 2, pela operação de ida para o *buffer* de descarga e volta para o caminhão, multiplicado pelo número de rondas. O tempo normal, em TMU, por cada suboperação resulta da equação 13. Por sua vez, o tempo normal da operação total é dado como o somatório do tempo normal de todas as suboperações (equação 14).

$$\begin{aligned} \text{Tempo normal da suboperação (TMU)} \\ = \text{Tempo (TMU)} \times \text{Quantidade} \times \text{Frequência} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{Tempo normal da operação (TMU)} = \sum \text{Tempo (TMU) total de cada suboperação} \quad (14)$$

Tabela 3.28. Tempos normais da operação de descarga de camião de embalagens GLT

Operação de descarga de camião: embalagens GLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Apanhar e posicionar (4m para chão)	5LTSADAFM	1248	1	34	42432
Acréscimo de garfo comprido	5LTSZAGF	135	1	34	4590
Conduzir	4LTSFISF	13	11	2 × 34	9724
Tempo normal da operação (TMU)					57439
Tempo normal da operação (min)					34,46
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					0,51

Pela aplicação da equação 14, o tempo normal para a operação de descarga de camião das embalagens GLT é 57 439 TMU.

$$\text{Tempo normal da operação (TMU)} = 693 + 42432 + 4590 + 9724 = 57439 \text{ TMU}$$

O TMU é definido como 0,0006 minutos e, portanto, pela equação 15 obtém-se que o tempo normal, em minutos, da operação é 34,46.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = \text{Tempo (TMU)} \times 0,0006 \quad (15)$$

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 57439 \times 0,0006 = 34,46$$

Para realizar uma análise comparativa entre processos e embalagens, é essencial definir o tempo normal por tipo de embalagem, dado pela equação 16.

$$\text{Tempo normal por embalagem (min)} = \frac{\text{Tempo normal da operação (min)}}{\text{Número total de embalagens}} \quad (16)$$

Relativamente à descarga de camião, obtém-se o seguinte tempo normal para descarga por embalagem GLT.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{34,46}{67} = 0,51 \text{ minutos}$$

Seguindo o mesmo raciocínio com as embalagens GT, os únicos parâmetros que sofrem alterações são o número total de embalagens e, consequentemente, o número de rondas que passa a 17 rondas por cada descarga (Tabela 3.27). Independentemente do grupo de armazém, a descarga do camião das GT

e KLT é realizada da mesma forma, como uma unidade de carga. Assim, as operações para descarga do caminhão para embalagens GT e KLT estão expostas na Tabela 3.29.

Tabela 3.29. Tempos normais da operação de descarga de caminhão: embalagens GT e KLT

Operação de descarga de caminhão: embalagens GT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Apanhar e posicionar (4m para chão)	5LTSADAFM	1248	1	17	21216
Acréscimo de garfo comprido	5LTSZAGF	135	1	17	2295
Conduzir	4LTSFISF	13	11	2 × 17	4862
Tempo normal da operação (TMU)					29066
Tempo normal da operação (min)					17,44
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					0,35
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,023

Pela aplicação das equações 13 e 14, obtém-se o tempo normal da operação em TMU. Com esses valores e utilizando as formulas que se encontram nas equações 15 e 16, o tempo normal da operação e o tempo normal da operação por embalagem GT resultam em:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 29066 \times 0,0006 = 17,44$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{17,44}{50} = 0,35 \text{ minutos}$$

Considerando que uma embalagem GT transporta 15 embalagens KLT, aplica-se a equação 16, substituindo o número total de embalagens por esse valor.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{0,35}{15} = 0,023 \text{ minutos}$$

Resumindo, os tempos normais por embalagem para a operação de descarga do caminhão, encontram-se na Tabela 3.30.

Tabela 3.30. Resumo dos tempos da operação de descarga de caminhão

Tipo de embalagem	Tempo normal de descarga (min)
GLT	0,51
GT	0,35
KLT	0,023

É, assim, finalizado o estudo da operação de descarga do caminhão, seguindo-se as operações de verificação de carga.

A verificação da carga do caminhão considera as seguintes operações:

- i. Tirar fotografias ao caminhão;
- ii. Receção e entrega da documentação;
- iii. Imprimir, carimbar e colocar etiquetas nas embalagens.

Similarmente ao processo de descarga do caminhão, o número total de embalagens do caminhão vai influenciar o tempo normal do processo total de verificação de carga, pelo que se deve admitir uma quantidade total de 67 GLT e 50 GT em cada caminhão, como o indicado na Tabela 3.27.

A operação de tirar fotografias ao caminhão tem um código PT (*Process Time*) para o movimento de apontar a camara e tirar a fotografia. Este código é utilizado quando não existe códigos e valores TMU para uma dada operação e existe a necessidade de cronometrar ou admitir um certo tempo. Posto isto, o tempo de processo cronometrado para apontar a camara, carregar no botão e tirar fotografia foi de 4 segundos. Admitindo que 1 TMU equivale a 0,036 segundos:

$$TMU_{PT} = \frac{4 \text{ segundos}}{0,036 \text{ segundos}} = 111,11 \sim 111 \text{ TMU} \quad (17)$$

Assim, o tempo de processamento para tirar a fotografia é de 111 TMU.

Os fatores de influência para a operação de tirar fotografia pertencem às suboperações “Andar do escritório para o caminhão” e “Andar entre fotografias”, pelo que as distâncias definidas como premissas para estas suboperações são respetivamente, 60 metros e 5 metros (Tabela 3.31).

Tabela 3.31. Apresentação das premissas para a operação de tirar fotografia

Premissas para operação de tirar fotografia	
Distância média escritório e zona de descarga (m)	60
Distância aproximada entre cada fotografia (m)	5

Considerou-se que o operador que efetua a verificação inicia a operação com a deslocação do escritório para o caminhão. A frequência atribuída à suboperação de tirar fotografia, verificar e andar refere-se ao número de fotografias tiradas, que são 6 no total (Tabela 3.32).

Tabela 3.32. Tempos normais da operação de tirar fotografias: embalagens GLT,GT e KLT

i. Operação de tirar 6 fotografias: embalagens GLT, GT e KLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar do escritório para o camião	4LHKA	25	60	1	1500
Tirar e guardar camara fotográfica	4LHEH	55	1	1	55
Apontar camara e tirar fotografia	PT	111	1	6	666
Verificar fotografia	4LHIALE	15	1	6	90
Andar entre as fotografias	4LHKA	25	5	6	750
Tempo normal da operação (TMU)					3061
Tempo normal da operação (min)					1,84
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					0,03
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					0,04
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,003

O tempo normal da operação determinado pela aplicação da ferramenta resulta do somatório do valor de cada TMU associado a cada código, multiplicado pela respectiva quantidade e frequência do movimento em análise (equação 13 e 14). Esta operação é independente do tipo de embalagem e da respectiva quantidade, pelo que o tempo normal do processo é igual para as GLT e GT. Por outro lado, no cálculo do tempo normal por embalagem, é importante ter em consideração as quantidades referentes a cada tipo. Empregando, novamente, a equação 15, obtém-se o seguinte resultado:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 3061 \times 0,0006 = 1,84 \text{ minutos}$$

Substituindo, no denominador da equação 16 ,o número total de embalagens, como sendo as quantidades provenientes no camião, respectivas a cada embalagem, 67 para embalagem GLT e 50 para embalagem GT, obtém-se os seguintes resultados:

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{1,84}{67} = 0,03 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{1,84}{50} = 0,04 \text{ minutos}$$

Considerando, novamente, uma quantidade de 15 KLT em cada unidade GT:

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{0,04}{15} = 0,003 \text{ minutos}$$

Prossegue-se para a aplicação da ferramenta MTM na operação de recepção e entrega da documentação, que inicia com a entrega da documentação, por parte do motorista. O operador procede à verificação visual da carga para identificar possíveis danos, confirmar o número de embalagens e assinalar manualmente na folha de registo. Segue-se a ida para o escritório para assinar e carimbar os documentos, que posteriormente serão entregues ao condutor do camião. Note-se que, antes de o operador conseguir realizar a operação seguinte (impressão das etiquetas), é necessário aguardar que o operador de escritório faça a introdução manual da informação no sistema. Para esta suboperação foi considerado um tempo de processamento PT (*process time*), que devido às várias cronometragens, se considerou uma média de 5 minutos. Admitindo que 1 TMU é 0,0006 minutos, tem-se que:

$$TMU_{PT} = \frac{5 \text{ minutos}}{0,0006 \text{ minutos}} = 8\,333,33 \sim 8333 \text{ TMU} \quad (18)$$

Assim, o tempo de introdução manual da informação do sistema é de 8333 TMU.

Os fatores de influência são, novamente, as distâncias percorridas, apresentados na Tabela 3.33.

Tabela 3.33. Apresentação das premissas para a operação de recepção e entrega da documentação

Premissas para operação de recepção/entrega da documentação	
Distância do operador ao motorista (m)	5
Distância entre escritório e zona de descarga (m)	60
Distância entre cada embalagem (m)	2

A frequência em algumas suboperações é relativa ao número total de embalagens provenientes do camião (Tabela 3.27). Na suboperação “Verificar visualmente os embalagens”, a quantidade 4 é referente ao número de lados de cada embalagem a que o operador deve efetuar o controlo visual. A Tabela 3.34 apresenta a aplicação do MTM-SOL na operação de recepção e entrega da documentação.

Tabela 3.34. Tempos normais da operação de receção e entrega da documentação: embalagens GLT

ii. Operação de receção e entrega da documentação: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até motorista	4LHKA	25	5	1	125
Receber documentação do motorista	4LHIAHO	50	1	1	50
Breve diálogo com o motorista	4LHIGIA	300	1	1	300
Verificar visualmente embalagens	4LHIALE	15	4	67	4020
Compara referência de embalagens com o documento	4LHIAVW	45	1	67	3015
Apanhar e guardar caneta	4LHEH	55	1	1	55
Assinalar no documento	4LHIAKK	40	1	67	2680
Andar entre embalagens	4LHKA	25	2	67	3350
Andar para o escritório	4LHKA	25	60	1	1500
Colocar documento na mesa	4LHIAHO	50	1	1	50
Ler documento	4LHIALW	25	1	1	25
Apanhar e guardar carimbo	4LHEH	55	1	1	55
Carimbar documento	4LHIAKS	55	1	1	55
Apanhar e guardar caneta	4LHEH	55	1	1	55
Assinar documento	4LHIAKW	70	1	1	70
Apanhar no documento e entregar ao operador de escritório	4LHIAHA	70	1	1	70
Andar para zona de descarga	4LHKA	25	60	1	1500
Entregar documentação ao motorista	4LHIAHO	50	1	1	50
Introdução dos dados em sistema (espera)	PT	8333	1	1	8333
Tempo normal da operação (TMU)					25358
Tempo normal da operação (min)					15,21
Tempo normal por embalagem GLT (min)					0,23

O tempo normal da operação e o tempo normal por embalagem, em minutos, é calculado utilizando as fórmulas 15 e 16, já apresentadas.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 25358 \times 0,0006 = 15,21 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{15,21}{67} = 0,23 \text{ minutos}$$

A aplicação do método para a embalagem GT (Tabela 3.35) é realizada de forma semelhante para as embalagens GT, com a diferenciação na frequência atribuídas, isto é, o número total de embalagens provenientes no camião é de 50.

Tabela 3.35. Tempos normais da operação de receção e entrega da documentação: embalagens GT e KLT

ii. Operação de receção e entrega da documentação: embalagem GT e KLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até motorista	4LHKA	25	5	1	125
Receber documentação do motorista	4LHIAHO	50	1	1	50
Breve diálogo com o motorista	4LHIGIA	300	1	1	300
Verificar visualmente embalagens	4LHIALE	15	4	50	3000
Compara referência de embalagens com o documento	4LHIAVW	45	1	50	2250
Apanhar e guardar caneta	4LHEH	55	1	1	55
Assinalar no documento	4LHIAKK	40	1	50	2000
Andar entre embalagens	4LHKA	25	2	50	2500
Andar para o escritório	4LHKA	25	60	1	1500
Colocar documento na mesa	4LHIAHO	50	1	1	50
Ler documento	4LHIALW	25	1	1	25
Apanhar e guardar carimbo	4LHEH	55	1	1	55
Carimbar documento	4LHIAKS	55	1	1	55
Apanhar e guardar caneta	4LHEH	55	1	1	55
Assinar documento	4LHIAKW	70	1	1	70
Apanhar no documento e entregar ao operador de escritório	4LHIAHA	70	1	1	70
Andar para zona de descarga	4LHKA	25	60	1	1500
Entregar documentação ao motorista	4LHIAHO	50	1	1	50
Introdução dos dados em sistema (espera)	PT	8333	1	1	8333
Tempo normal da operação (TMU)					22043
Tempo normal da operação (min)					13,23
Tempo normal por embalagem GT (min)					0,26
Tempo normal por embalagem KLT (min)					0,02

Substituindo os valores, nas equações 15 e 16 já mencionadas, determina-se o tempo normal da operação e o tempo normal da operação por embalagem, em minutos:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 22043 \times 0,0006 = 13,23 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{13,23}{50} = 0,26 \text{ minutos}$$

Para o cálculo do tempo normal por embalagem KLT, repete-se o raciocínio.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{0,26}{15} = 0,02 \text{ minutos}$$

Por fim, renova-se a aplicação da ferramenta à operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas nas embalagens. A operação consiste em andar até ao escritório, retirar as etiquetas C da impressora, separá-las e carimbar. O número de etiquetas é igual ao número de embalagens. De seguida, volta ao local de descarga para colar as etiquetas, que identifica a localização de armazenamento a realizar, em todas as embalagens. O operador responsável por realizar esta operação tem de aguardar que as etiquetas sejam impressas, ação que é desencadeada pelo operador de escritório. Por isso, é estimado um tempo de processamento PT (*process time*) para a duração da impressão, através de cronometragens e por observação. O tempo admitido para esta ação é de 2 minutos. O tempo em TMU advém da equação 19.

$$TMU_{PT} = \frac{2 \text{ minutos}}{0,0006 \text{ minutos}} = 333,33 \sim 333 \text{ TMU} \quad (19)$$

Os fatores de influência para esta operação já foram anteriormente abordados e incluem a distância entre o escritório e a zona onde se realiza a descarga do camião, e a distância percorrida entre cada embalagem aquando da colocação das etiquetas (Tabela 3.36). Estas premissas vão ser atribuídas às quantidades dos códigos MTM-SOL que dependem destes metros percorridos.

Tabela 3.36. Apresentação das premissas para a operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas

Premissas para operação imprimir, carimbar e colocar etiquetas	
Distância entre escritório e zona de descarga (m)	60
Distância entre cada embalagem (m)	2

Apresenta-se a aplicação do método à operação de imprimir, carimbar e colocar as etiquetas nas embalagens (Tabela 3.37). A frequência de algumas suboperações relativas à colocação de etiquetas é dada pelo número total de embalagens provenientes no camião. No caso das embalagens GLT são, novamente, 67 embalagens.

Tabela 3.37. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens GLT

iii. Operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até escritório	4LHKA	25	60	1	1500
Espera por imprimir	PT	3333	1	1	3333
Tirar lista de etiquetas da impressora e colocar na mesa	4LHIAHA	70	1	1	70
Apanhar e guardar carimbo	4LHEH	55	1	1	55
Carimbar etiquetas de cada embalagem	4LHIAKS	55	1	67	3685
Apanhar na lista de etiquetas	4LHIAHA	70	1	1	70
Rasgar e separar pelo picotado cada etiqueta	4LHIAHR	50	1	67	3350
Andar para zona de descarga	4LHKA	25	60	1	1500
Colocar etiqueta nas embalagens	4LHIAETG	95	1	67	6365
Andar entre embalagens	4LHKA	25	2	67	3350
Voltar para escritório	4LHKA	25	60	1	1500
Tempo normal da operação (TMU)					24778
Tempo normal da operação (min)					14,87
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					0,22

O tempo normal da operação em TMU resulta do somatório dos tempos normais de cada suboperação. Tal como nas operações anteriores o tempo normal da operação, em minutos, é dado pelas equações 15 e 16:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 24778 \times 0,0006 = 14,87 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT} = \frac{14,87}{67} = 0,22 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal por embalagem GLT para a operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas é de 0,22 minutos por embalagem.

Para as embalagens GT, a análise é exatamente a mesma com a exceção da frequência atribuída relativa às embalagens e respetivas etiquetas, ou seja, é alterado o número de embalagens totais para 50 (Tabela 3.38).

Tabela 3.38. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens GT

iii. Operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagem GT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até escritório	KA	25	60	1	1500
Espera por imprimir	PT	3333	1	1	3333
Tirar lista de etiquetas da impressora e colocar na mesa	IAHA	70	1	1	70
Apanhar e guardar carimbo	EH	55	1	1	55
Carimbar etiquetas	IAKS	55	1	50	2750
Apanhar na lista de etiquetas	IAHA	70	1	1	70
Rasgar e separar pelo picotado	IAHR	50	1	50	2500
Andar para zona de descarga	KA	25	60	1	1500
Colocar etiqueta nas embalagens	IAETG	95	1	50	4750
Andar entre embalagens	KA	25	2	50	2500
Voltar para escritório	KA	25	60	1	1500
Tempo normal da operação (TMU)					20528
Tempo normal da operação (min)					12,32
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					0,25

Sabendo que o tempo normal da operação, em TMU é 20528, determinam-se os tempos normais em minutos com as fórmulas apresentadas nas equações 15 e 16.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 20528 \times 0,0006 = 12,32 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{12,32}{50} = 0,25 \text{ minutos/embalagem}$$

A operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas nas embalagens na receção de embalagens KLT, do grupo de armazém A, é analisada de forma individual (Tabela 3.39). Como já foi referido, o número de etiquetas é igual ao número de embalagens. As embalagens do grupo de armazém A, apesar de serem recebidas como GT, são consideradas como embalagens individuais, pelo que cada uma tem a sua própria etiqueta. Assim, quando o operador carimba e separa todas as etiquetas, vai realizar essa operação por unidade de KLT. Por outro lado, aquando da colocação das etiquetas na embalagem, as etiquetas são presas, com uma presilha, à embalagem GT, pois o armazenamento é realizado no conjunto. A suboperação de prender as etiquetas, com uma presilha, à embalagem foi estimado, por não existir, no manual MTM, um código adequado. Assim, observou-se que esta suboperação demora 10 segundos a ser realizada.

$$TMU_{PT} = \frac{10 \text{ segundos}}{0,036 \text{ minutos}} = 277,77 \sim 278 \text{ TMU} \quad (20)$$

Assim, o tempo de processamento (PT) para esta suboperação é de 278 TMU.

A frequência das suboperações relacionadas com as etiquetas corresponde à quantidade total de embalagens KLT. Por cada camião, admitiu-se que 20 embalagens GT correspondem ao grupo de armazém A, contendo, cada uma 15 embalagens KLT. Assim, a operação de carimbar e separar as etiquetas é realizada 300 vezes, por ser necessário o carimbo e separação de todas as etiquetas.

Tabela 3.39. Tempos normais da operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagens KLT

iii. Operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagem KLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até escritório	KA	25	60	1	1500
Espera por imprimir	PT	3333	1	1	3333
Tirar lista de etiquetas da impressora e colocar na mesa	4LHIAHA	70	1	1	70
Apanhar e guardar carimbo	4LHEH	55	1	1	55
Carimbar etiquetas	4LHIAKS	55	1	20 × 15	16500
Apanhar na lista de etiquetas	4LHIAHA	70	1	1	70
Rasgar e separar pelo picotado	4LHIAHR	50	1	20 × 15	15000
Andar para zona de descarga	4LHKA	25	60	1	1500
Colocar etiqueta nas embalagens	PT	277	1	20	5540
Andar entre embalagens	4LHKA	25	2	20	1000
Voltar para escritório	4LHKA	25	60	1	1500
Tempo normal da operação (TMU)					46068
Tempo normal da operação (min)					27,64
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,09

Com os valores apresentados, e pelo somatório do tempo normal das suboperações, aplica-se a equação 15 para a determinação do tempo normal da operação, em minutos.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 46068 \times 0,0006 = 27,64 \text{ minutos}$$

Por sua vez, o tempo normal por embalagem KLT depende da quantidade total de embalagens KLT no camião e é dado pela equação 21.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{\text{Tempo da operação}}{\text{Quantidade total de KLT}} \quad (21)$$

Considerando um total de 20 embalagens GT no caminhão, cada uma com 15 embalagens KLT, obtém-se o seguinte tempo normal por embalagem KLT.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{\text{KLT}}(\text{min}) = \frac{27.64}{20 \times 15} = 0,09 \text{ minutos}$$

A Tabela 3.40 expõe os tempos normais totais, em minutos, para cada operação de verificação consoante o tipo de embalagem.

Tabela 3.40. Tempos normais das operações de verificação para cada embalagem

Tipo de embalagem	Tempo normal por embalagem (min)			
	i. Tirar fotografia	ii. Documentos	iii. Etiquetas	Total
GLT	0,03	0,23	0,22	0,48
GT	0,04	0,26	0,25	0,55
KLT	0,003	0,02	0,09	0,11

O processo de *receiving* é constituído pela operação de descarga do caminhão e pelas operações de verificação da carga. Posto isto, através da conjugação da Tabela 3.30 e da Tabela 3.40, obtém-se a tabela que apresenta os tempos totais do processo de *receiving* para cada tipo de embalagem.

Tabela 3.41. Tempos normais para o processo de *receiving* para cada embalagem

Tipo de embalagem	Tempo normal por embalagem (min)		
	Descarga do caminhão	Verificação	Tempo total
GLT	0,51	0,48	0,99
GT	0,35	0,55	0,90
KLT	0,023	0,11	0,13

3.5.2 Put-away

O processo de *put-away* consiste na recolha das embalagens do *buffer* de descarga para a localização de armazenamento. As premissas admitidas para cada embalagem, neste processo (Tabela 3.42) incluem o número de embalagens no caminhão e a zona de armazenamento considerada.

Tabela 3.42. Premissas relativas a cada tipo de embalagem para o processo de *put-away*

Premissas para cada tipo de embalagem		
Tipo de embalagem	GTL	GT
Número total de embalagens no caminhão (un)	67	50
Quantidade de KLT (un)	Não aplicável	15
	<i>Block Storage</i>	
Zonas de armazenamento	Estante virtual	Estante
	Estante	

Supõe-se que à chegada de cada caminhão e, posteriormente, à devida descarga e verificação, as embalagens são logo armazenadas para libertar o espaço da zona de descarga. Deste modo, as quantidades consideradas para cada operação são as mesmas que para o processo de *receiving*.

As embalagens GLT podem ser armazenadas em três diferentes zonas de armazém. Com base nas percentagens apresentadas no capítulo 3.4 da análise de dados, a quantidade armazenada varia com a zona de armazenamento. A determinação da quantidade de embalagens armazenadas em cada zona é dada pela equação 22.

$$\text{Quantidade armazenada (un)} = \text{Quantidade total de embalagens} \times \text{percentual (\%)} \quad (22)$$

Da aplicação da equação resultam as quantidades apresentadas na Tabela 3.43.

$$\text{Quantidade armazenada}_{\text{block storage}} = 67 \times 0,4779 = 32$$

$$\text{Quantidade armazenada}_{\text{estante virtual}} = 67 \times 0,2889 = 19$$

$$\text{Quantidade armazenada}_{\text{estante}} = 67 \times 0,2332 = 16$$

Tabela 3.43. Afetação diária das embalagens às zonas de armazenamento

Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens armazenadas (un)
<i>Block Storage</i>	47,79	32
Estante Virtual	28,89	19
Estante	23,32	16
Total	100	67

Assim, das 67 embalagens GLT recebidas por caminhão, assume-se que 16 são armazenadas da estante, 32 são armazenadas no *block storage* e 19 na estante virtual.

Tal como no processo de *receiving*, foram definidas certas premissas com base na observação dos processos e informação proveniente dos operadores que gerem e desempenham as operações de

armazenamento (Tabela 3.44). A altura da localização e a respetiva distância são assumidas como sendo valores médios pois estes fatores são muito variáveis e não seria viável nesta dissertação calcular um tempo para cada altura e localização exata.

Tabela 3.44. Premissas para a operação de armazenamento na zona de *block storage*

Premissas para armazenamento <i>block storage</i> : embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	4
Distância entre buffer de descarga e <i>block storage</i> (m)	55
Número de curvas por volta	2
Quantidade armazenada (un)	32

Com base na Tabela 3.43, a quantidade por camião definida para armazenamento no *block storage* é de 32 embalagens. Assume-se que em cada volta, uma embalagem é retirada do *buffer* de descarga e armazenada diretamente numa localização (suboperação: apanhar e posicionar do chão para 4m), com alinhamento, após a verificação visual da etiqueta C, presente na embalagem. A distância é percorrida duas vezes por cada embalagem (ida e volta), tendo duas curvas em cada volta. A quantidade é referente à característica do código MTM-SOL, em que na suboperação conduzir é a distância em metros e na suboperação curvas é a quantidade de curvas. A frequência, por sua vez, é dada pelo número de vezes em que cada suboperação é realizada, correspondendo ao número de embalagens totais. Neste caso cada embalagem só é armazenada individualmente, pelo que o número de rondas é igual ao número de embalagens.

Tabela 3.45. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT no *block storage*

Operação de armazenamento na zona de <i>block Storage</i> : embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta C	4LTIALW	25	1	32	800
Apanhar e posicionar (chão para 4m) com alinhamento	5LTSAADFM	1328	1	32	42496
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISF	13	55	2×32	45760
Curvas	4LTSFKS	16	2	2×32	2048
Tempo normal da operação (TMU)					91797
Tempo normal da operação (min)					55,08
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					1,72

Determina-se os tempos normais, em minutos, através da aplicação das equações 15 e 16 apresentadas anteriormente.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 91797 \times 0,0006 = 55,08 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem GLT (min)} = \frac{55,08}{32} = 1,72 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal de armazenamento de uma embalagem GLT no *block storage* é de 1,72 minutos. Seguidamente, são apresentadas as premissas assumidas para o armazenamento das embalagens GLT na estante virtual.

Tabela 3.46. Premissas para a operação de armazenamento na zona de estante virtual

Premissas para armazenamento na estante virtual: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	2,5
Distância entre <i>buffer</i> de descarga e estante virtual (m)	48
Número de curvas	2
Quantidade armazenada (un)	19

Neste caso, a quantidade já definida de embalagens armazenadas na estante virtual, a cada chegada do camião é de 19.

Para o estudo MTM de armazenamento na estante virtual foi considerado que o operador logístico utiliza um empilhador elétrico e retira a embalagem do *buffer* de descarga, e desloca-se para a localização descrita na etiqueta C colada na mesma. Devido à organização de armazenamento da estante virtual, assume-se que é necessário realizar movimentos adicionais, isto é, a localização pretendida para a embalagem que se vai armazenar está sob outra já armazenada. A suboperação de apanhar e posicionar na localização é, assim, dividida em três partes:

- i. Chão para chão: Embalagem é retirada do *buffer* de descarga (chão) para o chão junto à localização pretendida, sem alinhamento;
- ii. 2,5 m para chão: Retirar a embalagem que está sobre a localização pretendida para o chão, com alinhamento, para se conseguir colocar a embalagem a armazenar;
- iii. Chão para 2,5 m: Colocar as embalagens referidas na localização, com alinhamento.

Também nesta operação, as embalagens são armazenadas individualmente, em cada ronda, pelo que a frequência é igual ao número total de embalagens.

Tabela 3.47. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT na estante virtual

Operação de armazenamento na zona de estante virtual: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta C	4LTIALW	25	1	19	475
Apanhar e posicionar (Chão para chão)	5LTSAAAFO	603	1	19	11457
Apanhar e posicionar (2,5m para chão)	5LTSACAFM	1080	1	19	20520
Apanhar e posicionar (chão para 2,5m)	5LTSAACFM	1142	1	19	21698
Conduzir	4LTSFISF	13	48	2 × 19	23712
Curva	4LTSFKSF	16	2	2 × 19	1216
Tempo normal da operação (TMU)					79771
Tempo normal da operação (min)					47,86
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					2,52

Seguindo o mesmo raciocínio que todas as operações anteriores, pela aplicação das equações 15 e 16, obtém-se um tempo normal de operação de 47,68 minutos e um tempo normal para armazenamento de uma embalagem GLT na zona de estante virtual de 2,52 minutos.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 79771 \times 0,0006 = 47,86 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{47,86}{19} = 2,52 \text{ minutos}$$

Segue-se o estudo das operações de armazenamento da estante. Este tipo de armazenamento pressupõe a operação anterior de colocar as embalagens no *buffer* junto a cada corredor da estante. Posto isto, são apresentadas as premissas definidas para a operação de colocar as embalagens GLT no *buffer* da estante, como sejam o tipo de empilhador, o comprimento dos garfos do empilhador, a velocidade do empilhador, a distância percorrida em cada volta e a quantidade armazenada, proveniente de cada camião.

Tabela 3.48. Premissas para a operação de armazenamento na zona de *buffer* da estante

Premissas para armazenamento no <i>buffer</i> da estante: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância entre <i>buffer</i> de descarga e <i>buffer</i> da estante (m)	39
Quantidade armazenada (un)	16

Com base na Tabela 3.43, a quantidade de embalagens GLT, provenientes num camião e armazenadas na estante é 16. Após a verificação da etiqueta C presente na embalagem, esta é apanhada do *buffer* de descarga e posicionada no *buffer* da estante, o que perfaz uma sequência de operação apanhar e posicionar de chão para chão. Assume-se que, em cada volta, é transportada uma embalagem, pelo que a frequência corresponde à quantidade de embalagens armazenadas.

Tabela 3.49. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT no *buffer* da estante

Operação de armazenamento na zona do <i>buffer</i> da estante: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta	4LTIALW	25	1	16	400
Apanhar e posicionar (chão para chão)	5LTSAAAFM	833	1	16	13328
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISF	13	39	2 × 16	16224
Tempo normal da operação (TMU)					30645
Tempo normal da operação (min)					18,39
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					1,15

O cálculo do tempo normal da operação e do tempo normal da operação por embalagem, em minutos, é obtido através das equações 15 e 16.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 30645 \times 0,0006 = 18,39 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{18,39}{16} = 1,15 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal para colocar uma embalagem GLT no *buffer* da estante é 1,15 minutos.

Para a embalagem GT, a quantidade armazenada é a quantidade total em cada caminhão pois a totalidade das embalagens GT recebidas são armazenadas na estante. Neste caso, por observação real das operações, assume-se que são transportadas 2 embalagens em cada volta, pelo que o número total de rondas é 25.

Tabela 3.50. Premissas para a operação de armazenamento na zona de *buffer* da estante

Premissas para armazenamento no <i>buffer</i> da estante: embalagens GT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância entre <i>buffer</i> de descarga e <i>buffer</i> da estante (m)	39
Quantidade armazenada (un)	50
Rondas	25

A aplicação do método MTM, nesta operação, é análoga da apresentada anteriormente, com a exceção da frequência, ou seja, do número total de embalagens totais.

Tabela 3.51. Tempos normais de armazenamento de embalagens GT no *buffer* da estante

Operação de armazenamento na zona do <i>buffer</i> da estante: embalagem GT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMF	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta	4LTIALW	25	1	25	625
Apanhar e posicionar (chão para chão)	5LTSAAAFM	833	1	25	20825
Conduzir	4LTSFISF	13	39	2 × 25	25350
Tempo normal da operação (TMU)					47493
Tempo normal da operação (min)					28,50
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					0,57
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,04

Aplicando as expressões 15 e 16, presentes em todas as operações, conclui-se que o tempo normal da operação de armazenamento de embalagens GT na zona do *buffer* da estante é de 28,50 minutos e o tempo normal por embalagem, GT e KLT, para esta mesma operação é 0,57 minutos e 0,04 minutos, respetivamente.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 47493 \times 0,0006 = 28,50 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{28,50}{50} = 0,57 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{0,57}{15} = 0,04 \text{ minutos}$$

Posteriormente ao transporte da embalagem para o *buffer* da estante, a mesma é recolhida por outro operador, com um empilhador retrátil. As premissas para o armazenamento de uma embalagem GLT na estante são idênticas às apresentadas anteriormente. As distâncias e alturas e alturas consideradas nas premissas são valores médios por forma a normalizar a operação. A quantidade armazenada é igual que a colocada no *buffer* da estante.

Tabela 3.52. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante

Premissas para armazenamento na estante: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância entre <i>buffer</i> da estante e localização na estante (m)	36
Altura média da localização (m)	5
Quantidade armazenada (un)	16

Após a verificação da etiqueta C, o operador apanha a embalagem do *buffer* da estante (chão) para a localização pretendida (5 metros). Como a localização é maior que 4 metros, é necessário aplicar um código MTM de acréscimo de elevação, com quantidade 1, que corresponde à diferença entre 4 metros e a localização pretendida.

Tabela 3.53. Tempos normais de armazenamento de embalagens GLT na estante

Operação de armazenamento na zona da estante: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMS	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta C	4LTIALW	25	1	16	400
Apanhar e posicionar (chão para 4m)	5LTSAADSM	1602	1	16	25632
Acréscimo de elevação: > 4 metros	5LTSZAWS	164	1	16	2624
Conduzir	4LTSFISS	13	36	2 × 16	14976
Tempo normal da operação (TMU)					44325
Tempo normal da operação (min)					26,60
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					1,66

Aplicando, novamente as equações 15 e 16, os tempos normais, são dados por:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 44325 \times 0,0006 = 26,60 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GLT}(\text{min}) = \frac{26,60}{16} = 1,66 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal de armazenar uma embalagem GLT na estante é de 1,66 minutos.

Seguidamente, é apresentado o estudo para as embalagens GT. O estudo da operação de armazenamento das embalagens GT, inclui as embalagens GT do grupo B2 e as embalagens KLT do grupo A. Dado que, a quantidade armazenada na estante equivale à quantidade total proveniente em cada camião, a quantidade considerada nesta operação é de 50 embalagens GT.

Tabela 3.54. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante

Premissas para armazenamento na estante: embalagens GT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância entre <i>buffer</i> da estante e localização na estante (m)	36
Altura média da localização (m)	5
Quantidade armazenada (un)	50

As suboperações consideradas para este armazenamento são equivalentes à operação de armazenamento da embalagem GLT, com modificação na frequência tida como o número de embalagens.

Tabela 3.55. Tempos normais de armazenamento de embalagens GT na estante

Operação de armazenamento na zona da estante: embalagem GT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMS	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta	4LTIALW	25	1	50	1250
Apanhar e posicionar (chão para 4m)	5LTSAADSM	1602	1	50	80100
Acréscimo de elevação: > 4 m	5LTSZAWS	164	1	50	8200
Conduzir	4LTSFISS	13	36	2 × 50	46800
Tempo normal da operação (TMU)					137043
Tempo normal da operação (min)					82,23
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					1,64
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,11

Os tempos normais, em minutos, são dados, pelas equações 15 e 16 e resultam nos seguintes valores:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 137043 \times 0,0006 = 82,23 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT}(\text{min}) = \frac{82,23}{50} = 1,64 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT}(\text{min}) = \frac{1,64}{15} = 0,11 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal de armazenar uma embalagem na estante é de 1,64 minutos, para a embalagem GT e de 0,11 minutos para a embalagem KLT. A tabela que resume os tempos normais determinados ao longo deste subcapítulo, para o processo de *put-away* é apresentada, de seguida.

Tabela 3.56. Tempos normais de cada tipo de embalagem para o processo de *put-away*

Zona de armazenamento	Tempo normal por embalagem (min)		
	GLT	GT	KLT
Block Storage	1,72	não aplicável	não aplicável
Estante virtual	2,52	não aplicável	não aplicável
Buffer da estante	1,15	0,57	0,04
Estante	1,66	1,64	0,11

3.5.3 Picking

O processo de *picking*, isto é, a recolha das embalagens é desencadeado pela chegada de pedidos. As operações e zonas de armazém analisadas neste processo serão idênticas ao processo de *put-away*. As embalagens GLT são recolhidas das zonas de *block storage*, estante virtual e estante. As GT são recolhidas da zona de estante, tendo como destino a zona de transferência das rotas GT. Neste processo, as KLT são recolhidas da zona de estante como unidades individuais, pelo que esta é a maior diferença entre este processo e o que o antecede. Inicia-se a análise do processo de *picking*, pela recolha de embalagens GLT da zona de armazém de *block storage*. As premissas para esta operação abrangem o tipo de empilhador, o comprimento dos garfos, a velocidade do empilhador, a altura da localização, distância percorrida entre cada recolha e o número de curvas. A distância percorrida tem em consideração os pontos médios do *block storage* e da zona de transferência pois a distância entre estes pode variar muito.

Tabela 3.57. Premissas da operação de recolha na zona de *block storage*

Premissas para recolha de <i>block storage</i> : embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	4
Distância entre <i>block storage</i> e zona de transferência (m)	40
Número de curvas	1

O processo inicia com a recolha da embalagem. Seguidamente, o operador faz *scan* da etiqueta C e, ao confirmar no HHT, a etiqueta B é impressa e colocada na embalagem. O operador lê a etiqueta para ter indicação da localização da zona de transferência onde vai colocar a embalagem e desloca-se para a mesma. Dado que a recolha é desencadeada por um pedido, as operações consideram quantidades unitárias. Ao contrário das operações de receção e armazenamento, em que se consideravam quantidades referentes à carga de um camião, considera-se que cada pedido é recolhido individualmente. Assim a frequência corresponde ao número de vezes que as suboperações são realizadas, o que já não corresponde ao número total de embalagens, sendo unitária em todas as suboperações, exceto as que se considera condução ou curvas de ida e volta.

Tabela 3.58. Tempos normais de recolha de embalagens GLT do *block storage*

Operação de recolha da zona de <i>block storage</i> : embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Apanhar e posicionar (4m para chão)	5LTSADAFM	1248	1	1	1248
Apanhar e guardar <i>scanner</i>	4LHEH	55	1	1	55
<i>Scan</i> etiqueta C	4LHIDES	60	1	1	60
Confirmar botão no HHT	4LHIDTE	25	1	1	25
Retirar a etiqueta B do dispensador e colocar na embalagem	4LHIAESG	80	1	1	80
Ler etiqueta B	4LHIALW	25	1	1	25
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISF	13	40	2	1040
Curvas (ida e volta)	4LTSFKSF	16	1	2	32
Tempo normal da operação (TMU)					2565
Tempo normal da operação (min)					1,54
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					1,54

Posto isto, devido à recolha ser unitária, o tempo normal da operação equivale ao tempo normal por embalagem. Este é calculado pela equação 15, apresentada no início deste subcapítulo.

$$\text{Tempo normal da operação (em minutos)} = 2565 \times 0,0006 = 1,54 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal para recolha de uma embalagem GLT da zona de *block storage* é 1,54 minutos.

Seguidamente, é analisada a operação de recolha de embalagens GLT da estante virtual. As premissas para esta operação seguem a mesma ideologia que para o armazenamento em *block storage*, com modificação na altura da localização.

Tabela 3.59. Premissas da operação de recolha na zona de estante virtual

Premissas para recolha da estante virtual: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Elétrico
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	2,5
Distância entre estante virtual e zona de transferência (m)	40
Número de curvas	1

Tal como na operação de armazenamento, devido à organização de armazenamento da estante virtual, assume-se que é necessário realizar movimentos adicionais, isto é, a embalagem pretendida para recolha está sob outra embalagem empilhada. A suboperação de apanhar e posicionar na localização é, assim, dividida em três partes:

- i. 2,5 para chão: Embalagem que se encontra sobre a embalagem pretendida e esta são retiradas para o chão, sem alinhamento;
- ii. Chão para 2,5m: Retirar a embalagem que está sobre a embalagem pretendida, do chão e colocar de volta ao empilhamento, com alinhamento;
- iii. Chão para chão: Apanhar a embalagem pretendida do chão e posicionar na zona de transferência (POT de GLT).

As restantes suboperações são idênticas à operação de recolha de *block storage*. A quantidade definida refere-se, novamente, à característica do código MTM-SOL, como os metros de condução e a frequência é unitária em todas as operações, com exceção da consideração de condução por ida e volta.

Tabela 3.60. Tempos normais de recolha de embalagens GLT da estante virtual

Operação de recolha da zona da estante virtual: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM- SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Apanhar e posicionar (2,5 m para chão)	5LTSACAFO	1000	1	1	1000
Apanhar e posicionar (Chão para 2,5)	5LTSAACFM	1142	1	1	1142
Apanhar e posicionar (Chão para chão)	5LTSAAAFM	833	1	1	833
Apanhar e guardar <i>scanner</i>	4LHEH	55	1	1	55
Scan etiqueta C	4LHIDES	60	1	1	60
Confirmar botão no HHT	4LHIDTE	25	1	1	25
Retirar a etiqueta B do dispensador e colocar na embalagem	4LHIAESG	80	1	1	80
Ler etiqueta B	4LHIALW	25	1	1	25
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISF	13	40	2	1040
Curvas	4LTSFKSF	16	1	2	32
Tempo normal da operação (TMU)					4292
Tempo normal da operação (min)					2,58
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					2,58

Como já foi mencionado, o tempo normal de operação equivale ao tempo normal por embalagem, dado por:

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 4292 \times 0,0006 = 2,58 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal de recolher uma embalagem GLT da zona de estante virtual é 2,58 minutos.

A recolha de embalagens GLT da estante segue os mesmos princípios que a recolha da zona de *block storage*. Ao contrário desta e similarmente ao processo de armazenamento, a recolha da estante é realizada com um empilhador retrátil.

Tabela 3.61. Premissas da operação de recolha na zona de estante

Premissas para recolha da estante: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	5
Distância entre estante e zona de transferência (m)	70
Número de curvas	2

A embalagem é recolhida da localização na estante e movida para a zona de transferência de GLT. Seguidamente, o operador faz scan da etiqueta C e, ao confirmar no HHT, a etiqueta B é impressa e colocada na embalagem. O operador lê a etiqueta para ter indicação da localização da zona de transferência onde vai colocar a embalagem e desloca-se para a mesma. Devido à localização ser maior que 4 metros, é necessário a utilização de um código de acréscimo de elevação.

Tabela 3.62. Tempos normais de recolha de embalagens GLT da estante

Operação de recolha da zona da estante: embalagem GLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Apanhar e posicionar (4m para chão)	5LTSADASM	1398	1	1	1398
Acréscimo de elevação > 4 metros	5LTSZAW	164	1	1	164
Apanhar e guardar <i>scanner</i>	4LHEH	55	1	1	55
Scan etiqueta C	4LHIDES	60	1	1	60
Confirmar botão no HHT	4LHIDTE	25	1	1	25
Retirar a etiqueta B do dispensador e colocar na embalagem	4LHIAESG	80	1	1	80
Ler etiqueta B	4LHIALW	25	1	1	25
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISS	13	70	2	1820
Curvas	4LTSFKSS	16	2	2	64
Tempo normal da operação (TMU)					3691
Tempo normal da operação (min)					2,21
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					2,21

O tempo normal de operação, portanto, o tempo normal por embalagem, em minutos, é dado pela equação 15.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 3691 \times 0,0006 = 2,21 \text{ minutos}$$

Nesse caso, o tempo normal de recolher uma embalagem GLT da zona de estante é 2,21 minutos.

No caso das embalagens GT, as premissas alteram devido à distância da localização da zona de transferência para as rotas GT, que acresce para 114 metros, em termos médios.

Tabela 3.63. Premissas da operação de recolha na zona de estante

Premissas para recolha da estante: embalagens GT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	5
Distância entre estante e zona de transferência (m)	114
Número de curvas	2

As sequências de suboperações são similares à operação de recolha de embalagens GLT, com a alteração da quantidade da suboperação “Conduzir (ida e volta)”.

O cálculo do tempo normal da operação deriva da aplicação, repetida, da equação 15.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 4835 \times 0,0006 = 2,90 \text{ minutos}$$

Assim, o tempo normal de recolher uma embalagem GT da zona de estante e transportá-la para a zona de transferência das rotas GT é 2,90 minutos.

Tabela 3.64. Tempos normais de recolha de embalagens GT da estante

Operação de recolha da zona da estante: embalagem GT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Apanhar e posicionar (4m para chão)	5LTSADASM	1398	1	1	1398
Acréscimo de elevação > 4 metros	5LTSZAW	164	1	1	164
Apanhar e guardar <i>scanner</i>	4LHEH	55	1	1	55
Scan etiqueta C	4LHIDES	60	1	1	60
Confirmar botão no HHT	4LHIDTE	25	1	1	25
Retirar a etiqueta B do dispensador e colocar na embalagem	4LHIAESG	80	1	1	80
Ler etiqueta B	4LHIALW	25	1	1	25
Conduzir (ida e volta)	4LTSFISS	13	114	2	2964
Curvas	4LTSFKSS	16	2	2	64
Tempo normal da operação (TMU)					4835
Tempo normal da operação (min)					2,90
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					2,90

Prosseguindo para a recolha de embalagens KLT da estante, esta não é realizada de forma individual, como as operações anteriores, mas com um suporte (*bundle*) preso ao *order picker*, ambos já exibidos no subcapítulo 3.3. Dado que o *order picker* não faz parte dos veículos abordados pelo manual de MTM, não existe um código específico com um TMU associado, pelo que foi necessário definir os tempos de processo PT para o movimento de elevar e descer, por metro, o compartimento onde o operador se posiciona. Assim, foram cronometrados 42 segundos para elevar o compartimento por 8 metros e 21 segundos para descer o compartimento por 6 metros. Assim, sabendo que 1 TMU equivale a 0,036 segundos, os tempos de processo (PT) para elevar e descer por metro são dados pela equação 23.

$$PT \text{ (TMU por metro)} = \frac{\text{Segundos por metro}}{0,036} \quad (23)$$

$$PT \text{ de elevação (TMU por metro)} = \frac{5,25}{0,036} = 145,8 \sim 146 \text{ TMU por metro}$$

$$PT \text{ de descer (TMU por metro)} = \frac{3,5}{0,036} = 97,2 \sim 97 \text{ TMU por metro}$$

Daqui, deduz-se que a elevação do compartimento do *order picker* leva 146 TMU por cada metro e a descida demora 97 TMU por cada metro.

Tabela 3.65. Tempo cronometrado para os movimentos de elevar e descer por metro

Movimento	Segundo s	Altura (m)	Segundos/metro	PT (TMU/metro)
Elevar	42	8	5,25	146
Descer	21	6	3,5	97

As premissas para a operação de recolha de embalagens KLT engloba o tipo de empilhador, a sua velocidade, a altura da localização, a distância total percorrida, o número de curvas e a quantidade transportada no *bundle*. A quantidade definida para a recolha é de 24, a capacidade máxima do *bundle*. A distância total percorrida refere-se à distância percorrida pelo *order picker*, desde o instante em que apanha o *bundle*, na zona dos suportes vazios e recolhe todas as KLT da estante, até que coloca o *bundle* cheio na zona de transferência das rotas KLT. Assume-se que a recolha é efetuada em 3 corredores diferentes, pelo que o total de curvas é 8.

Tabela 3.66. Premissas da operação de recolha na zona de estante

Premissas para recolha da estante: embalagens KLT	
Tipo de empilhador	Order picker
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Altura da localização (m)	5
Distância total percorrida (m)	250
Número de curvas por volta	8
Quantidade de KLT no <i>bundle</i> (un)	24

A operação de recolha de embalagens KLT na estante é dividida em operação geral e operação de recolha. A operação geral refere-se ao apanhar o *bundle* vazio da zona de transferência e coloca-lo de volta cheio na zona de transferência das rotas KLT, posteriormente a toda a recolha, ao conduzir durante toda a operação e a realizar as curvas. Por sua vez a operação de recolha é relativa à operação de cada embalagem KLT. Esta inclui o iniciar movimento do veículo, acionar alavanca para subir, elevar compartimento até à altura da localização (5 metros), operador virar-se e curvar para apanhar caixa, e transferir a mesma para o *bundle*. De seguida, a etiqueta B é impressa, como já apresentado anteriormente, e colada na embalagem KLT. Note-se que alguns dos códigos de movimentação como conduzir, realizar curvas e acelerar são referentes ao empilhador retrátil. Assim foi optado devido à

similaridade existente entre as especificações técnicas existentes entre os dois manuais de funcionamento dos veículos, pelo que não se considerou prejudicial ao estudo.

Tabela 3.67. Tempos normais de recolha de embalagens KLT da estante

Operação de recolha da zona da estante: embalagem KLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Operação geral					
Apanhar e posicionar <i>bundle</i> (chão para chão)	5LTSAAASM	983	1	1	983
Conduzir	4LTSFISS	13	250	2	6500
Curvas	4LTSFKSS	16	8	1	128
Operações de recolha					
Acelerar empilhador (início de movimento)	4LTSFVBS	56	0,5	24	672
Acionar alavanca	4LTABH	18	1	24	432
Elevar até ponto de destino (por metro)	PT	146	5	24	17520
Virar-se para estante	4LTKA	25	1	24	600
Curvar para apanhar caixa	4LHKB	60	2	24	2880
Transferir caixa cheia para <i>bundle</i>	4LHHUGD	125	1	24	3000
Apanhar e guardar scanner	4LHEH	55	1	24	1320
Scan etiqueta C	4LHIDES	60	1	24	1440
Confirmar botão no HHT	4LHIDTE	25	1	24	600
Retirar a etiqueta B do dispensador e colocar na embalagem	4LHIAESG	80	1	24	1920
Ler etiqueta B	4LHIALW	25	1	24	600
Virar-se para conduzir	4LHKA	25	1	24	600
Acionar alavanca	4LTABH	18	1	24	432
Descer compartimento (por metro)	PT	97	5	24	11640
Acionar alavanca	4LTABH	18	1	24	432
Desacelerar empilhador (fim de movimento)	4LTSFVBS	56	0,5	24	672
Tempo normal da operação (TMU)					51071
Tempo normal da operação (min)					30,64
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					1,28

O tempo normal da operação é dado pela equação 15, aplicado aos valores determinados na Tabela 3.67.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 51071 \times 0,0006 = 30,64 \text{ minutos}$$

O tempo normal por embalagem KLT, em minutos, é dado pela equação 24 considerando que o *bundle* transporte a sua capacidade máxima, sendo recolhidas 24 embalagens KLT.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{\text{KLT}}(\text{min}) = \frac{\text{Tempo da operação (min)}}{\text{Quantidade total de KLT (un)}} \quad (24)$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{\text{KLT}} = \frac{30,64}{24} = 1,28 \text{ minutos}$$

Os tempos normais para o processo de *picking*, para cada tipo de embalagem, encontram-se resumidos na tabela seguinte:

Tabela 3.68. Tempos normais de cada tipo de embalagem para o processo de *picking*

Zona de armazenamento	Tempo normal por embalagem (min)		
	GLT	GT	KLT
Block Storage	1,54	não aplicável	não aplicável
Estante virtual	2,58	não aplicável	não aplicável
Estante	2,21	2,90	1,28

3.6. Síntese do capítulo

O estudo desta dissertação é desenvolvido no armazém que abastece a Área de Montagem, mas afetado pela Área de Engenharia Industrial e *Lean Management*. Esta área tem diferentes equipas funcionais para suporte à decisão estratégica, de forma a serem cumpridos os objetivos de produtividade e melhorar a eficiência da fábrica.

Neste capítulo caracterizou-se o método utilizada, *Methods-Time Measurement - Standard Operations Logistics* (MTM-SOL) e foram apresentados os blocos de tempos necessários para o desenvolvimento desta dissertação. Esses blocos são as operações *standard* de transporte, especificamente, os elementos de módulos gerais e empilhadores e as operações *standard* de manuseamento. Ao nível das sequências de procedimentos foram expostas as operações com empilhadores elétricos e retrateis.

Os processos analisados nesta dissertação pertencem ao armazém logístico. Aquando da chegada do material à *Volkswagen Autoeuropa*, os camiões que transportam peças para o abastecimento da linha de montagem, entram no armazém, denominado centro de otimização logística, LOZ. Os processos

analisados nesta dissertação pertencem a este armazém logístico, cujo serviço é prestado por um parceiro externo.

Existem quatro processos principais da logística interna de peças com destino à linha de montagem, a receção de embalagens (*receiving*), o armazenamento (*put-away*), a recolha (*picking*) e o abastecimento à linha de montagem ou supermercados (*line-feeding*). O processo logístico de abastecimento de materiais à linha de montagem inicia com a receção das embalagens, que se divide em dois processos, a descarga do camião e a verificação de carga. Por sua vez, o processo de armazenamento consiste na recolha das embalagens do *buffer* de descarga para a localização de armazenamento. O *picking* é desencadeado com a chegada de pedidos face às necessidades da linha de montagem, relativo ao volume diário de carros a produzir, sendo as embalagens recolhidas para uma zona de transferência. No *line-feeding*, o material é recolhido da zona de transferência dedicado a cada tipo de embalagem e abastecido na zona requerida, que tanto pode ser uma estação de trabalho na linha de montagem como um supermercado, para depois ser efetuada a devida sequenciação, por rotas de abastecimento definidas.

Com o intuito de se realizar um estudo de tempos para os processos logísticos que possa ser adaptado a uma variação no volume de produção, é necessário calcular as embalagens por veículo produzido em cada processo. Para isso, foram recolhidas amostras das quantidades de embalagens recebidas, armazenadas e recolhidas, de diversas fontes.

O estudo foi aplicado em 3 processos de armazém contidos no processo geral de abastecimento de materiais à linha, o *receiving*, o *put-away* e o *picking*, pelo que foi feito o levantamento das operações de trabalho desses processos logísticos. A aplicação do MTM-SOL para cada processo e tipo de embalagem, fez um total de 3 processos e 19 operações. Assim, para determinar um tempo normal por operação e por embalagem, foi necessário definir premissas como distância percorrida, tipo de empilhador, altura do armazenamento, quantidade de embalagens, entre outras, considerando valores médios ou ocorrências mais frequentes.

Após a aplicação completa do método aos processos de armazém para cada embalagem, obtiveram-se os tempos normais por embalagem, em cada processo (Tabela 3.69).

Tabela 3.69. Tempos normais por embalagem em cada processo

Processo	Operação/Zona	Tempo por embalagem (min)		
		GLT	GT	KLT
<i>Receiving</i>	Descarga do camião	0,51	0,35	0,023
	Verificação da carga	0,48	0,55	0,11
<i>Put-away</i>	<i>Block Storage</i>	1,72	-	-
	Estante virtual	2,52	-	-
	<i>Buffer</i> da estante	1,15	0,57	0,04
	Estante	1,66	1,64	0,11
<i>Picking</i>	<i>Block Storage</i>	1,54	-	-
	Estante virtual	2,58	-	-
	Estante	2,21	2,90	1,28

4. Apresentação dos Resultados

Apresentar-se-ão os resultados do estudo efetuado, em termos de tempo consumido diariamente em cada processo e de cargas de trabalho diários dos operadores necessários aos processos.

Para efetuar o cálculo dos resultados é necessário definir as premissas (Tabela 4.1), em que se incluem: as paragens programadas por turno de trabalho e as ineficiências e paragens não programadas. As paragens programadas são definidas pela administração da *Volkswagen* Autoeuropa e o tempo disponível é definido como o tempo total de trabalho por turno subtraindo as paragens programadas. Por sua vez as perdas e interrupções no processo por ineficiências e paragens não programadas são definidas, nesta dissertação, como 5 % do tempo disponível. Assim o tempo efetivo de trabalho é de 442,7 minutos. As premissas apresentadas na tabela constituem a base para a apresentação dos resultados.

Tabela 4.1. Premissas para apresentação de resultados

Tempo total de trabalho por turno (min)	510
Tempo de refeição (min)	30
Pausas de trabalho (min)	14
Tempo disponível (min)	$510 - 30 - 14 = 466$
Ineficiências e paragens não programadas	5%
Tempo útil (min)	$466 \times 0,95 = 442,7$

Por sua vez, o volume médio diário de veículos produzidos é de 313 unidades. Nesta dissertação é considerado apenas um turno por dia de trabalho.

4.1. Processo de *Receiving*

Primeiramente, é necessário calcular a quantidade recebida de cada tipo de embalagem, por dia, com base nas premissas já apresentadas. A Tabela 4.2 apresenta as quantidades por embalagem recebidas, por dia provenientes das quantidades de embalagem recebidas por veículo produzido da Tabela 3.19.

O cálculo da quantidade de embalagens recebidas por dia, dado pela equação 25, é efetuado com base no volume de produção diário de veículos, de 313 unidades.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade recebida por dia (un)} &= \\ \text{Quantidade recebida por veiculo produzido(un)} \times \text{Volume diário produzido (un)} \end{aligned} \quad (25)$$

Aplicando esta equação a cada embalagem, obteve-se as seguintes quantidades de embalagens rececionadas por dia:

$$\text{Quantidade recebida por dia}_{GLT} = 2,54 \times 313 = 795 \text{ embalagens}$$

$$\text{Quantidade recebida por dia}_{GT} = 0,46 \times 313 = 144 \text{ embalagens}$$

$$\text{Quantidade recebida por dia}_{KLT} = 6,84 \times 313 = 2141 \text{ embalagens}$$

Admitindo que chegam 2,54 embalagens GLT por cada veículo produzido, no fim do dia de trabalho, ao serem produzidas 313 veículos, o número total de embalagens GLT recebidas é de 795. Para as restantes embalagens, o cálculo foi realizado seguindo o mesmo raciocínio.

Como foi abordado na secção 3.5.1, o processo de *receiving* envolve a descarga do camião e as operações de verificação. Assim, inicia-se a apresentação de resultados com o processo de descarga. No processo atual observado, as operações de descarga e verificação são sempre realizadas por diferentes operadores, o que significa que o cálculo da carga de trabalho dos operadores (*workload*) é realizado individualmente para cada operação. Com base na Tabela 3.69, conjugam-se as quantidades de cada tipo de embalagem recebidas por dia com o tempo normal para a descarga do camião, respetivamente, sintetizadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Tempo normal diário da operação de descarga do camião

Operação de descarga do camião			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens recebida por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	795	0,51	405,5
GT	144	0,35	50,4
KLT	2141	0,023	49,2
Total (min)			505,1

O tempo total de trabalho diário da operação de descarga do caminhão, para cada embalagem é dado pela equação 26.

$$\begin{aligned} \text{Tempo total diário por embalagem (min)} & \\ &= \text{Quantidade por dia} \times \text{Tempo normal por embalagem (min)} \end{aligned} \quad (26)$$

A aplicação dessa equação a cada tipo de embalagem, resulta na determinação do tempo total diário despendido em cada embalagem, na operação da descarga de caminhão.

$$\text{Tempo total diário (min)}_{GLT} = 795 \times 0,51 = 405,5 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{GT} = 144 \times 0,35 = 50,4 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{KLT} = 2141 \times 0,023 = 49,2 \text{ minutos}$$

O tempo total de trabalho, por dia, para a operação de descarga do caminhão é 505,1 minutos, derivado da equação 27.

$$\text{Tempo total diário de operação (min)} = \sum \text{Tempo total diário por embalagem} \quad (27)$$

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{descarga}} (\text{min}) = 405,5 + 50,4 + 49,2 = 505,1 \text{ minutos}$$

O número teórico mínimo de operadores necessários para esta operação resulta da aplicação da equação 28, considerando o tempo de trabalho útil de 442,7 minutos (Tabela 4.1).

$$\text{Número teórico mínimo de operadores} = \frac{\text{Tempo da operação (min)}}{\text{Tempo de trabalho útil (min)}} \quad (28)$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{descarga}} = \frac{505,1}{442,7} = 1,14 \sim 2 \text{ operadores}$$

Sabendo que esta operação deve ser realizada por 2 operadores, o tempo de operação por operador é dado pela equação 29.

$$\text{Tempo de operação por operador (min)} = \frac{\text{Tempo total diário da operação (min)}}{\text{Número teórico de operadores}} \quad (29)$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{descarga}} (\text{min}) = \frac{505,1}{2} = 252,6 \text{ minutos}$$

A carga de trabalho é definida como a percentagem de tempo que o operador está ocupado, relativamente ao tempo de trabalho útil diário. Assim é dada para cada operador, pela seguinte equação 30.

$$\text{Workload (\%)} = \frac{\text{Tempo da operação por operador (min)}}{\text{Tempo de trabalho útil (min)}} \times 100 \quad (30)$$

$$\text{Workload}_{\text{operador}}(\%) = \frac{252,6}{442,7} \times 100 = 57,1\%$$

Esta equação expressa uma percentagem, definida como a carga de trabalho para cada operador, admitindo que o tempo útil de trabalho diário é de 442,7 minutos. Com isto conclui-se que a carga de trabalho de cada operador na operação de descarga do camião dos três tipos de embalagens a realizar diariamente é de 57,1%.

Para a operação de verificação, a quantidade de embalagens diária considerada é a mesma que para a descarga de camião. O tempo normal por tipo de embalagem é apresentado com base na Tabela 3.69. A Tabela 4.3 apresenta o tempo normal diário para a verificação da carga das três embalagens.

Tabela 4.3. Tempo normal diário da operação de verificação da carga

Operação de verificação da carga			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens recebida por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	795	0,48	381,6
GT	144	0,55	79,2
KLT	2141	0,11	235,5
Total (min)			696,3

O tempo total de trabalho por dia, para as operações de verificação, para cada embalagem, deriva da aplicação da equação 26.

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GLT}} = 795 \times 0,48 = 381,6 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GT}} = 144 \times 0,55 = 79,2 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{KLT}} = 2141 \times 0,11 = 235,5 \text{ minutos}$$

Pela equação 27, o tempo total de trabalho para a operação de verificação, por dia, é 696,3 minutos.

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{verificação}}(\text{min}) = 381,6 + 79,2 + 235,5 = 696,3 \text{ minutos}$$

O número teórico mínimo de operadores necessários para a operação de verificação resulta da aplicação da equação 28.

$$\text{Número teórico de operadores}_{\text{verificação}} = \frac{696,3}{442,7} = 1,57 \sim 2 \text{ operadores}$$

Assim, o número mínimo de operadores para realizar esta operação, por dia, é de 2 operadores. Por sua vez, o tempo de operação por cada operador é dado pela equação 29:

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{verificação}} (\text{min}) = \frac{696,3}{2} = 348,2 \text{ minutos}$$

Cada um dos dois operadores consome 348,2 minutos diários para a realização da operação de verificação. A carga de trabalho é definida para cada operador, pela equação 30.

$$\text{Workload}_{\text{verificação}} (\%) = \frac{348,2}{442,7} \times 100 = 78,7\%$$

Conclui-se que a carga de trabalho de cada operador na operação de verificação dos três tipos de embalagens a realizar diariamente é de 78,7%.

A Tabela 4.4 resume o tempo total diário gasto em cada operação do *receiving*, a descarga do caminhão e a verificação e o respetivo número de operadores e carga de trabalho.

Tabela 4.4. Cargas de trabalho diárias para o processo de *receiving*

Operação	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
Descarga do caminhão	505,1	2	57,1
Verificação	696,3	2	78,7

A eficiência de balanceamento destas operações é calculada através da equação 31., com base na equação 3 apresenta na revisão bibliográfica. Dado que nos processos logísticos não é considerado um tempo de ciclo, a eficiência de balanceamento é calculada com referência ao tempo útil de trabalho, por dia, de cada operador.

$$\text{Eficiência de balanceamento} = \frac{\sum \text{Tempo de operação}}{\text{Tempo útil de trabalho} \times \text{Número de operadores}} \quad (31)$$

Assim, a eficiência de balanceamento do processo total de *receiving* resulta da aplicação da fórmula, apresentada:

$$\text{Eficiência de balanceamento} (\%) = \frac{505,1 + 696,3}{442,7 \times 4} \times 100 = 67,8 \%$$

Considerando que os operadores não acumulam as funções de descarga e verificação, são 4 os operadores necessários para o processo de *receiving* e a carga de trabalho para os operadores da operação de descarga do caminhão e verificação da carga é, respetivamente, 57,1% e 78,7%.

4.2. Processo de *Put-away*

Primeiramente, é necessário calcular a quantidade armazenada de cada tipo de embalagem, por dia, com base nas premissas já apresentadas. Assumindo os valores apresentados na Tabela 3.18, referentes à quantidade de cada tipo de embalagem armazenada por veículo produzido e o volume de produção diário de 313 veículos, considerado nas premissas, a quantidade de embalagens GLT armazenada por dia é dada pela equação 32.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade armazenada por dia (un)} & \quad (32) \\ &= \text{Quantidade armazenada por veículo produzido (un)} \\ &\times \text{Volume diário produzido (un)} \end{aligned}$$

A quantidade armazenada por dia, para cada uma das embalagens, é dada pela aplicação da equação 32 que resulta nos seguintes valores:

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{GLT}} = 2,53 \times 313 = 791,9 \sim 792 \text{ embalagens GLT por dia}$$

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{GT}} = 0,46 \times 313 = 144 \text{ embalagens GT por dia}$$

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{KLT}} = 6,81 \times 313 = 2131,5 \sim 2132 \text{ embalagens KLT por dia}$$

O processo de armazenamento envolve três zonas de armazém, pelo que se calcula o tempo total de trabalho, individualmente para cada zona. No caso das embalagens GLT, dado que podem ser armazenadas nas três zonas de armazém, é importante recorrer à Tabela 3.43 para determinar a quantidade armazenada em cada zona, dependendo do percentual já determinado. Visto que no total são armazenadas 792 embalagens GLT no armazém, a quantidade de embalagens GLT armazenada por dia, em cada zona de armazenamento é dada pela equação 33.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade armazenada (un)} & \quad (33) \\ &= \text{Quantidade total armazenada por dia (un)} \times \text{Percentual(\%)} \end{aligned}$$

A quantidade de embalagens GLT armazenada, diariamente, no *block storage*, na estante virtual e na estante é determinada pelas seguintes equações:

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{Block storage}} = 0,4779 \times 792 = 378,4 \sim 378$$

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{Estante virtual}} = 0,2889 \times 792 = 228,8 \sim 229$$

$$\text{Quantidade armazenada por dia}_{\text{Estante}} = 0,2332 \times 792 = 184,7 \sim 185$$

Na Tabela 4.5 apresentam-se essas mesmas quantidades.

Tabela 4.5. Quantidade diária de embalagens GLT armazenada

Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens (un)
<i>Block Storage</i>	47,79	378
Estante Virtual	28,89	229
<i>Buffer estante/ Estante</i>	23,32	185
Total	100	792

Como já foi abordado, para as embalagens GT e KLT considera-se que o armazenamento da totalidade das embalagens é realizado na estante. A Tabela 4.6 resume as quantidades armazenadas em cada zona, por tipo de embalagem. A coluna percentual é relativa ao número total de embalagens recebidas desse tipo de embalagem.

Tabela 4.6. Tipos e quantidades de embalagens armazenadas por zona, diariamente

Tipo de embalagem	Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens (un)
<i>GLT</i>	<i>Block Storage</i>	47,79	378
GLT	Estante Virtual	28,89	229
GLT	Estante	23,32	185
GT	Estante	100%	144
KLT	Estante	100%	2132

Assim, com base na Tabela 3.69, apresenta-se o tempo normal de armazenamento para cada zona. Posto isto, são elaboradas as tabelas que resumem o tempo total diário da operação de armazenamento, em cada zona. A Tabela 4.7 é referente ao armazenamento de embalagens GLT na zona de *block storage* e a respetiva quantidade diária é dada pela Tabela 4.5. Assim, o tempo total diário da operação de armazenamento de embalagens GLT na zona de *block storage*, em minutos, é dado pela equação 26, em que se multiplica a quantidade de embalagens armazenadas pelo tempo normal despendido por embalagem.

$$\text{Tempo total diário de operação (min)}_{\text{Block storage}} = 378 \times 1,72 = 650,2 \text{ minutos}$$

Tabela 4.7. Tempo total diário de armazenamento no *block storage*

Operação de armazenamento na zona de <i>block storage</i> : embalagem GLT			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	378	1,72	650,2

Por sua vez, a Tabela 4.8 apresenta o tempo total diário gasto no armazenamento de embalagens GLT na estante virtual. O tempo normal da operação de armazenamento de embalagens GLT na estante

virtual e a quantidade armazenada por dia nesta zona são dadas, respetivamente pela Tabela 3.69 e pela Tabela 4.5., que resultam no tempo total diário de operação ao aplicar a equação 26.

$$\text{Tempo total diário de operação (min)}_{\text{Estante virtual}} = 229 \times 2,52 = 577,1 \text{ minutos}$$

Tabela 4.8. Tempo total diário de armazenamento na estante virtual

Operação de armazenamento na zona de estante virtual: embalagem GLT			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	229	2,52	577,1

O tempo normal total diário de armazenamento de embalagens na estante virtual é de 577,1 minutos.

A operação de armazenamento na estante tem como precedente a colocação das embalagens no *buffer* junto à mesma. Assim, as quantidades diárias são iguais para ambas as operações. A quantidade diária de cada embalagem armazenada na estante advém da Tabela 4.6. O tempo normal por embalagem, relativo à colocação da carga no *buffer* da estante deriva da Tabela 3.69. Assim, o tempo total diário de colocação das embalagens no *buffer* da estante é apresentado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Tempo total diário de armazenamento no *buffer* da estante

Operação de armazenamento no <i>buffer</i> da estante			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	185	1,15	212,8
GT	144	0,57	82,1
KLT	2132	0,04	85,3
Total (min)			300,2

Analogamente, o tempo diário de operação de colocar os três tipos de embalagens no *buffer* da estante, em minutos, para cada embalagem é calculado, novamente, pela aplicação da equação 27.

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{GLT}} = 185 \times 1,15 = 212,8 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{GT}} = 144 \times 0,57 = 82,1 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{KLT}} = 2132 \times 0,04 = 85,3 \text{ minutos}$$

O tempo total da operação de colocação dos 3 tipos de embalagem no *buffer* da estante perfaz os 300,2 minutos por dia.

Admitindo as mesmas quantidades de cada tipo de embalagem armazenadas e o tempo normal por embalagem, no armazenamento na estante, proveniente da Tabela 3.69, obtém-se a Tabela 4.10 para o tempo total diário despendido para armazenamento das embalagens na estante.

Tabela 4.10. Tempo total diário de armazenamento na estante

Operação de armazenamento na estante			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	185	1,66	307,1
GT	144	1,64	236,2
KLT	2132	0,11	234,5
Total (min)			777,8

O tempo total de armazenamento dos três tipos de embalagem na estante é de 777,8 minutos por dia, sendo o tempo para cada embalagem dado pela equação 27, substituindo os dados relativos a cada embalagem:

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{GLT}} = 185 \times 1,66 = 307,1 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{GT}} = 144 \times 1,64 = 236,2 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (em minutos)}_{\text{KLT}} = 2132 \times 0,11 = 234,5 \text{ minutos}$$

Na Tabela 4.11 está resumido o tempo de trabalho diário para as operações de armazenamento em cada zona do armazém, e as respectivas cargas de trabalho por operador.

Tabela 4.11. Cargas de trabalho diárias para o processo de *put-away*

Zona de armazenamento	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
<i>Block storage</i>	650,2	2	73,4
Estante virtual	577,1	2	65,2
<i>Buffer</i> da estante	300,2	1	67,8
Estante	777,8	2	87,8

O número teórico mínimo de operadores necessários para a operação de armazenamento resulta da aplicação da equação 28, pelo que, assumindo um tempo diário de trabalho útil de 442,7, de acordo com a Tabela 4.1, obtém-se os seguintes números teóricos mínimos de operadores para cada zona de armazenamento.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Block storage}} = \frac{650,2}{442,7} = 1,47 \sim 2 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Estante virtual}} = \frac{577,1}{442,7} = 1,30 \sim 2 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Buffer da estante}} = \frac{300,2}{442,7} = 0,68 \sim 1 \text{ operador}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{estante}} = \frac{777,8}{442,7} = 1,76 \sim 2 \text{ operadores}$$

Considerando o número de operadores definidos, o tempo de trabalho diário por operador, é dado pela equação 29. Fórmula que se aplica de acordo com a zona de armazenamento.

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{block storage}} = \frac{650,2}{2} = 325,1 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante virtual}} = \frac{577,1}{2} = 288,6 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Buffer da estante}} = \frac{300,2}{1} = 300,2 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante}} = \frac{777,8}{2} = 388,9 \text{ minutos}$$

A carga de trabalho é calculada pela equação 30, aplicada a cada zona de armazenamento.

$$\text{Workload}_{\text{block storage}}(\%) = \frac{325,1}{442,7} \times 100 = 73,4\%$$

$$\text{Workload}_{\text{estante virtual}}(\%) = \frac{288,6}{442,7} \times 100 = 65,2\%$$

$$\text{Workload}_{\text{buffer estante}}(\%) = \frac{300,2}{442,7} \times 100 = 67,8\%$$

$$\text{Workload}_{\text{estante}}(\%) = \frac{388,9}{442,7} \times 100 = 87,8\%$$

Os cálculos da carga de trabalho para cada zona de armazenamento, são apresentados na Tabela 4.11.

Constata-se que, considerando que as operações de armazenamento nas diferentes zonas são realizadas de forma individual, isto é, não são acumuladas e distribuídas entre si, são necessários um total de 7 operadores para o processo de *put-away*.

Para verificar a eficiência realizada no balanceamento destas operações relativamente ao número de operadores definidos, aplica-se a seguinte equação 31, pelo que a eficiência de balanceamento no processo de *put-away* é 74,4%.

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{650,2 + 577,1 + 300,2 + 777,8}{442,7 \times 7} \times 100 = 74,4 \%$$

4.3. Processo de *picking*

Tal como nos dois processos anteriores, inicia-se a apresentação dos resultados com o cálculo das quantidades de cada embalagem recolhidas por dia, tendo em consideração a análise realizada no capítulo 3.4. (Tabela 3.25), na qual se definiu a quantidade recolhida por veículo produzido. Note-se que, pelo facto de a recolha de KLT ser efetuada através de rotas de *picking*, de acordo com as rotas de abastecimento, será analisada individualmente.

Similarmente aos dois processos anteriores, a quantidade de embalagens armazenada por dia é dada pela equação 34, assumindo uma produção diária de 313 veículos.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade recolhida por dia (un)} & \quad (34) \\ &= \text{Quantidade recolhida por veiculo produzido(un)} \\ &\times \text{Volume diário produzido(un)} \end{aligned}$$

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{GLT}} = 2,21 \times 313 = 691,7 \sim 692 \text{ embalagens GLT}$$

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{GT}} = 0,36 \times 313 = 112,7 \sim 113 \text{ embalagens GT}$$

Como já foi abordado no processo anterior (*put-away*) as GLT são armazenadas em três zonas de armazenamento distintas, pelo que o percentual dado inicialmente pela Tabela 3.20 é utilizado como base para definir a quantidade de embalagens GLT recolhidas de cada zona, assumindo que a mesma percentagem foi armazenada. A quantidade recolhida, diariamente, de cada zona de armazenamento é dada pela equação 35.

$$\text{Quantidade recolhida (un)} = \text{Quantidade total recolhida por dia (un)} \times \text{Percentual (\%)} \quad (35)$$

Aplicando a fórmula aos dados apresentados:

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{Block storage}} = 0,4779 \times 692 = 330,7 \sim 331 \text{ embalagens}$$

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{Estante virtual}} = 0,2889 \times 692 = 199,9 \sim 200 \text{ embalagens}$$

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{Estante}} = 0,2332 \times 692 = 161,4 \sim 161 \text{ embalagens}$$

As embalagens GT, como já foi referido, foram armazenadas totalmente na estante e, portanto, são recolhidas da mesma zona. A Tabela 4.12 resume as quantidades recolhidas em cada zona de armazenamento por tipo de embalagem.

Tabela 4.12. Tipos e quantidades de embalagens recolhidas por zona, diariamente

Tipo de embalagem	Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens (un)
GLT	Block Storage	47,79	331
GLT	Estante Virtual	28,89	200
GLT	Estante	23,32	161
GT	Estante	100%	113

Com base nos tempos normais do processo de recolha já calculados (Tabela 3.69), é calculado o tempo diário total para cada operação através da aplicação da equação 26. Assim, o tempo total diário da operação de recolha de embalagens GLT da zona de *block storage* (Tabela 4.13) é dado pela quantidade recolhida diariamente (331 embalagens) multiplicada pelo tempo normal de recolha dessa embalagem (1,54 minutos por embalagem).

$$\text{Tempo total de operação (min)}_{\text{Block storage}} = 331 \times 1,54 = 509,7 \text{ minutos}$$

Tabela 4.13. Tempo total diário de recolha do *block storage*

Operação de recolha da zona de <i>block Storage</i> : embalagem GLT			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	331	1,54	509,7

Do mesmo modo, a operação de recolha de embalagens GLT (Tabela 4.14) da estante virtual é de 516 minutos diários, pela aplicação da equação 26.

$$\text{Tempo total de operação (min)}_{\text{estante virtual}} = 200 \times 2,58 = 516 \text{ minutos}$$

Tabela 4.14. Tempo total diário de recolha da estante virtual

Operação de recolha da zona da estante virtual: embalagem GLT			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	200	2,58	516

O tempo total de armazenamento dos dois tipos de embalagem na estante (Tabela 4.15) é de 683,5 minutos por dia, sendo o tempo para cada embalagem dado pela equação 26. Os tempos normais por embalagem derivam da Tabela 3.69.

$$\text{Tempo total diário de operação (min)}_{\text{GLT}} = 161 \times 2,21 = 355,8 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (min)}_{\text{GT}} = 113 \times 2,90 = 327,7 \text{ minutos}$$

Tabela 4.15. Tempo total diário de recolha da estante

Operação de recolha da zona da estante			
Tipo de embalagem	Quantidade de embalagens por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	161	2,21	355,8
GT	113	2,90	327,7
Total (min)			683,5

Na Tabela 4.16 está resumido o tempo de trabalho diário para as operações de armazenamento em cada zona do armazém. O número teórico mínimo de operadores necessários para a operação de recolha resulta da aplicação equação 28, assumindo um tempo diário de trabalho útil de 442,7, de acordo com a Tabela 4.1.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Block storage}} = \frac{509,7}{442,7} = 1,15 \sim 2 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Estante virtual}} = \frac{516}{442,7} = 1,17 \sim 2 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{estante}} = \frac{683,5}{442,7} = 1,54 \sim 2 \text{ operadores}$$

Considerando o número de operadores definidos, o tempo de trabalho diário por operador, é calculado pela aplicação da equação 29, com o cálculo de armazenamento em cada zona:

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{block storage}}(\text{min}) = \frac{509,7}{2} = 254,9 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante virtual}}(\text{min}) = \frac{516}{2} = 258 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante}}(\text{min}) = \frac{683,5}{2} = 341,8 \text{ minutos}$$

A carga de trabalho é calculada pela aplicação da equação 30. E, assim, a carga de trabalho de cada operador é dada por:

$$\text{Workload}_{\text{block storage}}(\%) = \frac{254,9}{442,7} \times 100 = 57,6\%$$

$$\text{Workload}_{\text{estante virtual}}(\%) = \frac{258}{442,7} \times 100 = 58,3\%$$

$$\text{Workload}_{\text{estante}} (\%) = \frac{341,8}{442,7} \times 100 = 77,2\%$$

A tabela seguinte apresenta o tempo total diário de operação de recolha e carga de trabalho por cada operador.

Tabela 4.16. Cargas de trabalho diárias do processo de *picking*

Zona de armazenamento	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
<i>Block storage</i>	509,7	2	57,6
Estante virtual	516,0	2	58,3
Estante	683,5	2	77,2

Para verificar a eficiência realizada no balanceamento destas operações relativamente ao número de operadores definidos, aplica-se a equação 31. Assim, a eficiência de balanceamento no processo de *picking* é 64,3%

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{509,7 + 516 + 683,5}{442,7 \times 6} \times 100 = 64,3 \%$$

Constata-se que, considerando que as operações de recolha nas diferentes zonas são realizadas de forma individual, isto é, não são acumuladas e distribuídas entre si, são necessários um total de 6 operadores para o processo de *picking* relativo às embalagens de GLT e GT. A eficiência de balanceamento é de 64,3%, o que se considera muito baixa e com potencial de melhoria.

As embalagens KLT são recolhidas da estante de forma individual, num total de 24, isto é, a quantidade presente no *bundle* (Figura 3.26). A recolha é efetuada de acordo com as rotas de abastecimento à linha pois o *bundle* recolhido neste processo é utilizado como um atrelado no comboio logístico. Assim, as rotas de *picking* devem estar alinhadas e coincidir com as rotas de abastecimento à linha, pelo que estão estreitamente interligadas.

A quantidade recolhida por dia é calculada com base na Tabela 3.24, isto é, na quantidade de KLT recolhida, em cada rota, por veículo produzido e nas premissas já mencionadas, nas quais se assume que o total de veículos produzidos diariamente é de 313 unidades.

A quantidade de KLT recolhida, em cada rota, é dada pela aplicação da equação 34. Exemplificando para a Rota Alemanha, a quantidade recolhida diariamente para esta rota é de 404 embalagens KLT. Os cálculos foram realizados de forma análoga para as restantes rotas de recolha.

$$\text{Quantidade recolhida por dia}_{\text{Alemanha}} = 1,29 \times 313 = 404 \text{ embalagens KLT por dia}$$

Assume-se o valor de tempo normal para a recolha de KLT, de 1,28 minutos por embalagem (Tabela 3.69) Este valor é transversal às 5 rotas de *picking*, pelo que se assume os mesmos fatores de influência (distância, altura, número de embalagens recolhidas) para todas as rotas. O tempo total diário de operação de recolha (Tabela 4.17) é calculado, para cada rota, pela aplicação da equação 27.

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{Alemanha}} (\text{min}) = 404 \times 1,28 = 517,1 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{França}} (\text{min}) = 388 \times 1,28 = 496,6 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{Grécia}} (\text{min}) = 498 \times 1,28 = 637,4 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{Itália}} (\text{min}) = 332 \times 1,28 = 425,0 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{Portugal}} (\text{min}) = 426 \times 1,28 = 545,3 \text{ minutos}$$

Tabela 4.17. Tempo total diário de recolha de embalagens KLT

Rota de abastecimento	Quantidade por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário de operação (min)
Alemanha	404	1,28	517,1
França	388	1,28	496,6
Grécia	498	1,28	637,4
Itália	332	1,28	425,0
Portugal	426	1,28	545,3

O número teórico mínimo de operadores necessários para cada rota de recolha de KLT, resulta da aplicação da equação 28. Assumindo um tempo diário de trabalho útil de 442,7, de acordo com a Tabela 4.1. e exemplificando com a rota Alemanha, obtém-se o seguinte resultado:

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Alemanha}} = \frac{517,1}{442,7} = 1,17 \sim 2 \text{ operadores}$$

Posto isto, o tempo de operação realizado por cada operador, por dia, é dado pelo total de tempo diário dividido pelo número de operadores já determinados (equação 29).

$$\text{Tempo de operação por operador (min)} = \frac{517,1}{2} = 258,6 \text{ minutos}$$

Considerando que cada operador tem 258,6 minutos de operação a realizar diariamente, a sua carga de trabalho provém da equação 30:

$$\text{Workload (\%)} = \frac{258,6}{442,7} \times 100 = 58,4 \%$$

Os cálculos foram realizados igualmente para as restantes rotas, pelo que os tempos diários de operação, o número de operadores e a respetiva carga de trabalho são apresentados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18. Cargas de trabalho diárias do processo de *picking* de embalagens KLT

Rotas de <i>picking</i>	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
Alemanha	517,1	2	58,4
França	496,6	2	56,1
Grécia	637,4	2	72,0
Itália	425,0	1	96,0
Portugal	545,3	2	61,6

Concluindo, são necessários 9 operadores para realizar as rotas de *picking* de embalagens KLT, considerando que cada operador realiza apenas uma rota. Assim, tem-se que a eficiência de balanceamento é dada pela equação 31, sendo 65,8 % para o processo de picking.

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{517,1 + 496,6 + 637,4 + 425,0 + 545,3}{442,7 \times 9} \times 100 = 65,8 \%$$

4.4. Síntese do capítulo

Neste capítulo foram definidos o número teóricos mínimo de operadores necessários para cada processo logístico e a respetiva carga de trabalho. Iniciou-se pela determinação das quantidades de embalagens recebidas por dia através da análise proveniente das amostras das quantidades de embalagens recebidas, armazenadas e recolhidas, apresentadas no capítulo 3.

O tempo total diário despendido em cada processo foi calculado através das quantidades de embalagens movimentadas em cada processo e dos tempos normais calculados pelo MTM-SOL, no capítulo 3.

O número de operadores e a respetiva carga de trabalho foram definidos considerando que as operações são sempre realizadas por diferentes operadores, o que significa que o cálculo da carga de trabalho desses operadores foi realizado individualmente para cada operação. Assim, o tempo útil de trabalho de 442,7 minutos diários por operadores foi tido como base para cada carga de trabalho. O número teórico de operadores necessários definidos para os processos analisados nesta dissertação atinge um total de 26.

A eficiência de balanceamento relativo ao número de operadores definidos para cada processo serve como métrica de comparação entre os vários processos e permite verificar a existência de potencial de

melhoria, para agregar operações entre um mesmo processo, subir cargas de trabalho ou diminuir se possível, quando são muito elevadas.

Dos resultados obtidos neste capítulo (Tabela 4.19), verificam-se que as cargas de trabalho para cada processo apresentam valores baixos, sendo as eficiências de balanceamento na ordem dos 68%. Atendendo a este dado, existe potencial para redistribuir as operações de trabalho entre os operadores, de forma elevar as cargas de alguns postos de trabalho ou para aplicar algumas das propostas de melhoria mencionadas no capítulo 3, de forma a diminuir os tempos diários de operação. Esta análise irá ser feita no capítulo seguinte.

Tabela 4.19. Resultados dos processos de *receiving*, *put-away* e *picking*

Processo	Operação/Zona	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)	Eficiência de balanceamento (%)
<i>Receiving</i>	Descarga do camião	505,1	2	57,1	67,8
	Verificação da carga	696,3	2	78,7	
	Total	1201,4	4		
<i>Put-away</i>	<i>Block Storage</i>	650,2	2	73,4	74,4
	Estante virtual	577,1	2	65,2	
	<i>Buffer</i> da estante	300,2	1	67,8	
	Estante	777,8	2	87,8	
	Total	2305,3	7		
	<i>Block Storage</i>	509,7	2	57,6	
<i>Picking</i>	Estante virtual	516,0	2	58,3	64,3
	Estante	683,5	2	77,2	
	Total	1709,2	6		
Rotas de <i>picking</i> KLT	Alemanha	517,1	2	58,4	65,8
	França	496,6	2	56,1	
	Grécia	637,4	2	72,0	
	Itália	425,0	1	96,0	
	Portugal	545,3	2	61,6	
	Total	2621,4	9		

5. Discussão dos Resultados e Proposta de Melhorias

Este capítulo tem como objetivo analisar os resultados de cada um dos processos estudados no capítulo 4. Inicialmente, é feita uma reflexão sobre os desperdícios e oportunidades de melhoria encontrados ao longo da análise aos processos. Serão analisados os resultados, com objetivo de os ajustar com as potenciais oportunidades de melhoria já mencionadas.

5.1. Desperdícios e oportunidades de melhoria identificadas

Inicia-se o resumo dos problemas e desperdícios identificados pelo processo de *receiving*. Neste processo, a chegada dos caminhões não está distribuída homogeneamente por semana, como se pode verificar pela Tabela 3.16. O número de caminhões à segunda-feira é maior que à quinta-feira, por exemplo, e, portanto, a ocupação dos trabalhadores é diferente em cada dia, o que leva a escassez de operadores em alguns dias da semana ou a demasia noutros dias. O fluxo de material num sistema produtivo considerado *Lean* deve estar nivelado com a produção e ser fluido. Seguindo os princípios da filosofia *pull*, cada sequência de trabalho é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permite. Isto significa que as peças devem chegar à fábrica quando existem pedidos dos processos seguintes, consoante o volume de produção. Da mesma forma, o sistema de produção *Volkswagen* designa que o fluxo de materiais deve ser contínuo e seguir uma filosofia *pull*, garantindo uma maior ligação entre o fluxo de informação e materiais. Assim, esta distribuição desigual por dia de semana não satisfaz os requisitos do sistema de produção.

Na operação de descarga do camião, por vezes o *buffer* de descarga que se encontra em frente ao camião está ocupado, pelo que o operador tem de colocar a carga num *buffer* mais afastado, o que leva a um desperdício de movimento. Este problema pode indicar que a quantidade de *buffers* existentes não é suficiente relativamente ao volume de embalagens a chegar por hora ou por dia e ao escoamento do armazenamento.

Na operação de verificação, a distância que o operador se tem de deslocar para o escritório, de modo a retirar as etiquetas da impressora e o tempo de espera pela impressão são, também, considerados desperdícios de movimento e espera, respetivamente. Aquando da verificação das embalagens KLT, provenientes num conjunto de 15, é necessário imprimir, carimbar e separar etiquetas C correspondentes ao número de KLT. Ora se as etiquetas C indicam a localização de armazenamento e o armazenamento é realizado como uma paleta GT, existe uma potencial melhoria para diminuir o número de etiquetas, colocando apenas uma etiqueta C na paleta GT (conjunto de KLT).

Esta melhoria reduziria a impressão de 14 etiquetas por conjunto de KLT, no entanto, dependeria de uma alteração ao nível do sistema de informação logístico.

No processo de *put-away*, a existência de um *buffer* intermédio entre o *buffer* de descarga e a estante constitui um desperdício de processo.

Tanto no processo de *put-away* como no de *picking*, a estante virtual detém um grande acréscimo de movimentos devido à organização da mesma e às respetivas operações necessárias, o que pode constituir um desperdício em termos de processo. Para além disto, toda a operação ocupa o corredor devido à colocação da carga no chão.

No processo de *picking* de KLT, o operador espera por conjunto de 24 pedidos para completar a capacidade do *bundle*, pelo que é um desperdício de espera. O tempo necessário para chegarem 24 pedidos é variável e não existe um tempo de ciclo definido para iniciar cada recolha, o que vai contra a filosofia do sistema de produção *Volkswagen*. Este indica que deve existir um tempo de ciclo no qual cada operador deve concluir as suas operações, tornando os desperdícios expostos e facilitando a sua imediata e sustentada eliminação. As soluções passam pela implementação de um monitor de contagem para que o operador consiga verificar os ciclos ou a calendarização dos ciclos e recolhas por semana. Assim, é criada uma sequência de trabalho cíclica e estandardizada e são reduzidos os tempos de espera (sincronização de processo). Ainda no mesmo processo, o operador tem de se deslocar a vários corredores para ir recolher embalagens para o mesmo *bundle*, pelo que constitui um desperdício de transporte.

Ao longo da observação dos processos durante o desenvolvimento desta dissertação, notou-se que muitas vezes eram realizados movimentos adicionais. Isto pode significar que o processo *standard* a realizar pelos operadores pode não estar bem definido, pelo que seria vantajoso implementar folhas de trabalho normalizado, com os respetivos tempos de operação, presente no local de operação e disponível para os operadores. No global, um operador realiza tarefas distintas em todo o armazém, ao longo do turno de trabalho, o que pode conduzir a uma falta de prática e a erros.

5.2. Processo de *Receiving*

Analisando os resultados do processo de *receiving* apresentados na Tabela 4.19, constata-se que as cargas de trabalho são baixas. Como foi referido na secção 2.3.2, uma carga de trabalho considerada aceitável e balanceada de forma correta, ronda os 95%. Neste processo as cargas de trabalho são de 57,1% e 78,7%, valor que está muito longe do assumido como aceitável. Constatação que é corroborada pelo resultado da eficiência de balanceamento do processo de *receiving*, 67,8%. Existe, portanto, um grande potencial de melhoria.

Analisando os desperdícios e oportunidades de melhoria identificados no subcapítulo 3.6, identifica-se a primeira oportunidade de melhoria a ser analisada: a eliminação da colocação da etiqueta C em todas as embalagens KLT. Na operação de imprimir, carimbar e colocar as etiquetas, apresentada na Tabela 3.39, estas são colocadas em todas as embalagens KLT, do grupo de armazém A, para indicar a localização de armazenamento. Dado que o armazenamento na estante é realizado sempre como um conjunto de 15 KLT (embalagem GT), propõe-se a anulação da etiqueta em todas as embalagens KLT, passando a operação ser realizada como nas embalagens do grupo de armazém B2 (Tabela 3.38). Portanto, a colocação das etiquetas é realizada por cada unidade de conjunto de 15 embalagens KLT (paleta GT). Analogamente ao cálculo na Tabela 3.38, admite-se que chegam 50 embalagens GT por camião, pelo que a aplicação do método MTM e o tempo normal da verificação por embalagem KLT são dados pela Tabela 5.1, idêntica à da operação original (Tabela 3.38).

Tabela 5.1. Tempos normais da proposta de imprimir, carimbar e colocar etiquetas nas embalagens KLT

Proposta de operação de imprimir, carimbar e colocar etiquetas: embalagem KLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Andar até escritório	KA	25	60	1	1500
Espera por imprimir	PT	3333	1	1	3333
Tirar lista de etiquetas da impressora e colocar na mesa	IAHA	70	1	1	70
Apanhar e guardar carimbo	EH	55	1	1	55
Carimbar etiquetas	IAKS	55	1	50	2750
Apanhar na lista de etiquetas	IAHA	70	1	1	70
Rasgar e separar pelo picotado	IAHR	50	1	50	2500
Andar para zona de descarga	KA	25	60	1	1500
Colocar etiqueta nas embalagens	IAETG	95	1	50	4750
Andar entre embalagens	KA	25	2	50	2500
Voltar para escritório	KA	25	60	1	1500
Tempo normal da operação (TMU)					20528
Tempo normal da operação (min)					12,32

O tempo normal da operação, em minutos, é dado pela equação 36, em que o tempo normal da operação em TMU é o somatório dos tempos normais de cada suboperação.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = \text{Tempo (TMU)} \times 0,0006 \text{ min} \quad (36)$$

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 20528 \times 0,0006 = 12,32 \text{ minutos}$$

O tempo normal da operação por embalagem GT é dado pela equação 37.

$$\text{Tempo normal por embalagem (min)} = \frac{\text{Tempo normal da operação (min)}}{\text{Número total de embalagens}} \quad (37)$$

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT} = \frac{12,32}{50} = 0,25 \text{ minutos}$$

Considerando, que cada embalagem GT transporta 15 embalagens KLT, o tempo normal da operação por embalagem KLT é dado pela aplicação da mesma equação 37, mas com modificação do número total de embalagens.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT} = \frac{0,25}{15} = 0,02 \text{ minutos/embalagem}$$

O tempo das operações de verificação por embalagem KLT (Tabela 5.2) é o mesmo para as duas operações anteriores (tirar fotografia e documentação), com base na Tabela 3.40 e o novo tempo normal por embalagem KLT para a operação referente a etiquetas (iii) é de 0,02, proveniente do cálculo anterior.

Tabela 5.2. Tempos normais da proposta de verificação para embalagem KLT

Tipo de embalagem	Tempo normal por embalagem (min)			
	i. Tirar fotografia	ii. Documentos	iii. Etiquetas	Total
KLT	0,003	0,02	0,02	0,043

Assim, o tempo da operação de verificação proposta é de apenas 0,043 minutos por embalagem KLT, em vez dos 0,11 minutos por embalagem da operação inicial.

Substituindo o novo valor na Tabela 4.3, obtém-se a Tabela 5.3 com o novo tempo diário para a operação de verificação da carga, para a embalagem KLT, dado pela equação 38.

$$\begin{aligned} \text{Tempo total diário por embalagem (min)} \\ = \text{Quantidade por dia} \times \text{Tempo normal por embalagem (min)} \end{aligned} \quad (38)$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{KLT} = 2141 \times 0,043 = 92,1 \text{ minutos}$$

Tabela 5.3. Tempo normal diário da proposta de operação de verificação da carga

Proposta da operação de verificação da carga			
Tipo de embalagem	Quantidade recebida por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	795	0,48	381,6
GT	144	0,55	79,2
KLT	2141	0,043	92,1
Total (min)			552,9

Assim, o novo tempo total de trabalho para a operação de verificação, por dia, é 552,9 minutos, valor proveniente do somatório dos tempos totais diários por cada tipo de embalagem.

$$\text{Tempo total diário de operação}_{\text{verificação}} (\text{min}) = 381,6 + 79,2 + 92,1 = 552,9 \text{ minutos}$$

Substituindo o novo tempo total diário da operação de verificação na Tabela 4.4, obtém-se a Tabela 5.4 com o novo número de operadores, dado pela equação 39 e a respetiva carga de trabalho para a operação de verificação.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores} = \frac{\text{Tempo da operação (min)}}{\text{Tempo de trabalho útil (min)}} \quad (39)$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{verificação}} = \frac{552,8}{442,7} = 1,25 \sim 2 \text{ operadores}$$

Assim, o número mínimo de operadores para realizar esta operação, por dia, é de 2 operadores, o tempo da operação por operador é dado pela equação 40.

$$\text{Tempo de operação por operador (min)} = \frac{\text{Tempo total diário da operação (minutos)}}{\text{Número de operadores}} \quad (40)$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{verificação}} (\text{min}) = \frac{552,8}{2} = 276,4 \text{ minutos}$$

Apresentam-se os resultados da nova carga de trabalho, dada pela equação 41, para a operação de verificação com a alteração do tempo de operação por operador.

$$\text{Workload (\%)} = \frac{\text{Tempo da operação por operador (minutos)}}{\text{Tempo de trabalho útil (minutos)}} \times 100 \quad (41)$$

$$\text{Workload}_{\text{verificação}} (\%) = \frac{276,4}{442,7} \times 100 = 62,4\%$$

Tabela 5.4. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de *receiving*

Operação	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
Descarga do caminhão	505,1	2	57,1
Verificação	552,9	2	62,4
Total	1058,0	3	79,7

Comparando com a Tabela 4.4, pode constatar-se que esta proposta de melhoria, reduzirá o tempo total diário da operação de verificação de 696,3 minutos para 552,9, o que perfaz uma redução estimada de 20,5%. No entanto, a qual não será o suficiente para reduzir um operador na operação.

Outra solução para se melhorar as operações é efetuar um balanceamento das operações e das cargas de trabalho por forma a distribuir as tarefas entre os operadores e nivelar a carga de trabalho. Assim propõe-se que a operação de descarga do caminhão e a operação de verificação sejam agregadas, isto é, admitir que ambas possam ser realizadas pelo mesmo operador. Desta forma, pode compensar-se a baixa carga de trabalho que cada operador tem, diminuindo um operador e distribuindo a carga pelos restantes. Assim, o tempo total diário de operação da descarga do caminhão e da verificação serão analisados em conjunto, resultando na Tabela 5.5.

$$\text{Tempo total diário de receiving (min)} = 505,1 + 552,9 = 1058 \text{ minutos}$$

Tabela 5.5. Carga de trabalho das operações agregadas no processo de receiving

Operação	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
Descarga do caminhão Verificação	1058	3	79,7%

Efetua-se, então, os cálculos do novo número teórico mínimo de operadores e respetiva carga de trabalho para o processo total de *receiving*, aplicando as equações 39 a 41.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}} = \frac{1058}{442,7} = 2,39 \sim 3 \text{ operadores}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{receiving}} (\text{min}) = \frac{1058}{3} = 352,7 \text{ minutos}$$

$$\text{Workload}_{\text{receiving}} (\%) = \frac{352,7}{442,7} \times 100 = 79,7\%$$

Concluindo, a nova eficiência de balanceamento após efetuadas as alterações referidas é de 79,7 %, dada pela equação 42, correspondendo a um aumento na eficiência dos anteriores 67,8% para 79,7%.

$$\begin{aligned} \text{Eficiência de balanceamento (\%)} & \quad (42) \\ &= \frac{\text{Tempo total diário de receiving (min)}}{\text{Tempo útil de trabalho (min)} \times \text{Número de operadores}} \end{aligned}$$

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{1058}{442,7 \times 3} \times 100 = 79,7 \%$$

Os resultados apresentados assumem que o número de embalagens recebidas diariamente é o mesmo durante toda a semana, para se determinar o número de operadores teóricos e a respetiva carga de trabalho por dia. Desta forma, consegue-se uniformizar a receção de embalagens consoante o número de veículos produzidos. No entanto, em termos reais, o número de chegadas de embalagens por veículo produzido não é constante durante a semana. De seguida, analisar-se-á a receção de embalagens de acordo com a Tabela 3.16. com o intuito de realizar uma análise comparativa entre os resultados obtidos na Tabela 5.5 e as variações por dia da semana.

Na amostra recolhida por dia da semana não foi distinguido a chegada de GT pelo grupo de armazém A ou B2, pelo que as unidades GT apresentadas incluem os conjuntos de KLT (grupo de armazém A) e as unidades GT (grupo de armazém B2). Assim, foram calculadas as embalagens GLT e GT recebidas por dia de acordo com as premissas de 313 veículos produzidos diariamente. Aplicando a seguinte equação a cada tipo de embalagem e dia da semana, apresenta-se a Tabela 5.6. A quantidade de embalagens recebidas por dia é definida como a quantidade recebida por veículo produzido multiplicada pelo volume diário de veículos produzidos, que é definido nas premissas como 313 unidades. Este cálculo é efetuado através da aplicação da equação 43.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de embalagens recebidas por dia} & \quad (43) \\ &= \text{Quantidade recebida por veiculo produzido} \\ &\times \text{Volume diário produzido (un)} \end{aligned}$$

O resultado das embalagens GLT e GT recebidas por dia, de acordo com o dia da semana é dado pela seguinte tabela, considerando um volume diário produzido de 313 veículos.

Tabela 5.6. Quantidade de embalagens recebidas

Dia da semana	Embalagem GLT (un)		Embalagem GT (un)	
	Por veículo produzido	Por dia	Por veículo produzido	Por dia
2 ^a	3,52	1102	1,38	432
3 ^a	2,60	814	1,02	319
4 ^a	2,44	764	0,53	166
5 ^a	1,99	623	0,65	203
6 ^a	2,31	723	0,81	254

A Tabela 4.2 é então adaptada para o cálculo do tempo total diário de descarga do caminhão, para cada embalagem e para cada dia semana (Tabela 5.7). O cálculo é realizado considerando uma unidade de GT na descarga do caminhão e na verificação, pelo que o tempo normal por embalagem de GT recebida refere-se a um grupo de B2. Com base na Tabela 3.30 assume-se que o tempo normal de descarga de caminhão por embalagem GLT e GT é, respetivamente, 0,51 e 0,35 minutos.

O tempo total diário de operação de descarga do caminhão, por cada dia da semana, é dado pela equação 44.

$$\begin{aligned} \text{Tempo diário total de operação (min)} & \quad (44) \\ &= \text{Embalagem GLT recebida por dia (un)} \\ &\times \text{tempo normal por embalagem GLT (min)} \\ &+ \text{Embalagem GT recebida por dia (un)} \\ &\times \text{tempo normal por embalagem GT (min)} \end{aligned}$$

Tabela 5.7. Tempo normal diário da operação de descarga do caminhão

Dia da semana	Tempo total diário (min)
2 ^a	713,2
3 ^a	526,8
4 ^a	447,7
5 ^a	388,8
6 ^a	457,6

Para a operação de verificação, a Tabela 4.3 é, igualmente, adaptada. O tempo normal por embalagem definido para verificação é de 0,48 minutos para a embalagem GLT e 0,55 minutos para a embalagem GT, pelo que tempo total diário de operação de verificação (Tabela 5.8), por cada dia da semana, é dado igualmente pela equação 44 mas com os valores de verificação de carga. Exemplificando o cálculo para a segunda-feira, resulta na seguinte expressão:

$$\text{Tempo diário total de operação (min)}_{2^{\text{a}} \text{ feira}} = 1102 \times 0,48 + 432 \times 0,55 = 766,6 \text{ minutos}$$

Tabela 5.8. Tempo normal diário da operação de verificação

Dia da semana	Tempo total diário (min)
2 ^a	766,6
3 ^a	566,2
4 ^a	458,0
5 ^a	410,7
6 ^a	486,7

Analogamente à Tabela 5.5, soma-se o tempo total diário de operação da descarga e o tempo total diário de operação de verificação para cada dia da semana para calcular o número teórico mínimo de operadores necessários para o processo de *receiving*, em cada dia da semana e a eficiência de balanceamento relativo ao número de operadores calculados para o processo com receção de embalagens nivelada, ou seja, 3 operadores (Tabela 5.5). Estes resultados, descritos de seguida encontram-se na Tabela 5.9.

O tempo total diário de *receiving* é dado pela equação 45.

$$\begin{aligned} \text{Tempo total diário de receiving (min)} & \quad (45) \\ &= \text{Tempo total diário de operação de descarga (min)} \\ &+ \text{Tempo total diário de operação de verificação (min)} \end{aligned}$$

Por sua vez, o número teórico de operadores consoante o dia da semana é dado pela aplicação da equação 39, relativo ao tempo despendido no processo de *receiving* em cada dia da semana. Assim, aplicando a mesma equação a cada dia da semana, obtém-se os seguintes valores para o número teórico mínimo de operadores em cada dia da semana.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}-2^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{1479,8}{442,7} = 3,34 \sim 4 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}-3^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{1093}{442,7} = 2,47 \sim 3 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}-4^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{905,7}{442,7} = 2,05 \sim 3 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}-5^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{799,5}{442,7} = 1,81 \sim 2 \text{ operadores}$$

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{receiving}-6^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{944,3}{442,7} = 2,13 \sim 3 \text{ operadores}$$

Note-se que estes valores apresentam o número teórico de operadores necessários em cada dia da semana, considerando o respetivo tempo despendido no processo de *receiving*, em cada dia. No entanto, na Tabela 5.5 obteve-se que 3 é o número de operadores necessários para uma receção de embalagens alisada durante a semana. Considerando que esse é o número definido para os operadores afetados ao processo de *receiving*, calcula-se a eficiência de balanceamento conjugando o tempo diário despendido no *receiving*, em cada dia da semana com o número de operadores anteriormente definido na Tabela 5.5.

Assim, a eficiência de balanceamento é dada pela equação 42, na qual o tempo total diário de *receiving* depende do dia da semana e o número de operadores é relativo ao processo inicial agregado

(3 operadores) com um tempo útil de trabalho de 442,7 minutos diários. Exemplificando para a segunda-feira:

$$\text{Eficiência de balanceamento}_{2^{\text{a}} \text{ feira}} = \frac{1479,8}{442,7 \times 3} = 111,4\%$$

Apresenta-se, então, os resultados das eficiências de balanceamento por dia da semana, na Tabela 5.9.

Tabela 5.9. Eficiência de balanceamento por dia da semana

Dia da semana	Tempo total diário (min)	Número de operadores	Eficiência de balanceamento (%)
2 ^a	1479,8	3	111,4%
3 ^a	1093	3	82,3%
4 ^a	905,7	3	68,2%
5 ^a	799,5	3	60,2%
6 ^a	944,3	3	71,1%

Analisando na Tabela 5.9 as eficiências de balanceamento relativas aos 3 operadores (Tabela 5.5), a cada dia da semana, pode verificar-se que à segunda-feira a eficiência de balanceamento ultrapassa os 100%, o que significa que os operadores teriam uma carga de trabalho superior a 100%, o que na realidade não é aceitável. Portanto, caso a determinação do número de operadores afetados ao processo de *receiving* fosse determinada consoante os valores de segunda-feira seriam necessários 4 operadores, o que não era viável porque nos restantes dias da semanas haveria um excesso de 1 operador ou 2, no caso da quinta-feira. Por outro lado, se forem determinados 3 operadores para este processo mas a distribuição da receção de embalagens por dia da semana prosseguir como dissemelhante, constata-se um excesso de operadores à quinta-feira (60,2% de eficiência) e uma carência de operadores à segunda-feira, com cargas de trabalho muito altas (eficiência de 111,4%).

5.3. Processo de *put-away*

Analisando a Tabela 3.69 pode comprovar-se que no processo de *put-away*, a operação de armazenamento na estante virtual tem o maior tempo normal por embalagem GLT, 2,52 minutos por embalagem. Isto deve-se aos movimentos adicionais realizados devido à organização desta zona de armazenamento. Comparativamente a esta operação, o armazenamento na estante tem um menor tempo normal por embalagem GLT mas quando adicionada a operação antecedente de colocar as embalagens no *buffer* na estante, o tempo total de armazenamento na estante acaba por ser de 1,66 minutos por embalagem GLT adicionados aos 1,15 minutos de colocação no *buffer*. O *buffer* da estante é considerado um desperdício de processo, pelo que a sua eliminação iria resultar num

processo mais fluido em que as embalagens seriam transferidas diretamente do *buffer* de descarga para a estante. Dado que as embalagens GLT armazenadas na estante virtual são do mesmo tipo que as embalagens GLT armazenadas na estante, *low runners*, propõem-se duas melhorias:

- i. Eliminação da zona de estante virtual: as embalagens GLT anteriormente armazenadas nesta zona seriam realocadas para a zona de estante, pelo que seria necessário um investimento em estantes.
- ii. Eliminação do *buffer* da estante: as embalagens seriam armazenadas diretamente na estante, o que se traduziria num aumento do número de retráteis e numa maior distância percorrida no armazenamento.

No entanto, a localização das estantes encontra-se num dos limites do armazém, o que exprime um grande aumento na distância entre os *buffers* de descarga e as localizações de armazenamento (anexo 1). Para estas propostas serem realmente viáveis, seria recomendável que, ao eliminar a estante virtual, a localização da estante se situasse numa zona mais centralizada do armazém. Posto isto, a distância assumida para a operação de transferir as embalagens do *buffer* de descarga para a estante é de 55 metros.

As premissas para a apresentação destas propostas são as mesmas, que as apresentadas na Tabela 4.1.

Na Tabela 5.11, é apresentada a proposta de novos tempos de operação para o armazenamento de embalagens GLT na estante, com base nas premissas já apresentadas na Tabela 3.52, com diferença na distância percorrida entre o *buffer* de descarga e a localização na estante.

Note-se que para o caso das embalagens GLT, a quantidade definida em cada operação dependia do percentual de afetação a cada zona de armazenamento e da quantidade total de embalagens provenientes num camião. Visto que na Tabela 3.43, o percentual dedicado à zona de armazenamento da estante virtual e da estante é, respetivamente, de 28,89 % e de 23,32%, assume-se que o percentual de embalagens GLT armazenadas na estante é a agregação das duas zonas. Assim, de um total de 67 embalagens GLT provenientes no camião, 35 serão armazenadas na estante (equação 46).

$$\text{Quantidade armazenada (un)} = \text{Quantidade total de embalagens (un)} \times \text{percentual (\%)} \quad (46)$$

$$\text{Quantidade armazenada}_{\text{GLT}} = 67 \times (0,2889 + 0,2332) = 35 \text{ embalagens}$$

Deste modo, as premissas para a proposta de armazenamento de embalagens na estante encontram-se na tabela seguinte (Tabela 5.10).

Tabela 5.10. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante

Premissas para proposta de armazenamento na estante: embalagens GLT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curto
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância <i>buffer</i> de descarga e estante (m)	55
Altura média da localização (m)	5
Quantidade armazenada, em cada caminhão (un)	35

As suboperações presentes na análise MTM da proposta (Tabela 5.11) são iguais à operação inicial. Isto porque, nessa operação, o operador recolhia a embalagem GLT do *buffer* da estante, ao nível do chão e colocava na localização com a altura assumida de 5 metros. Na proposta apresentada neste capítulo, o operador recolhe a embalagem do *buffer* de descarga que está, tal como o *buffer* da estante, ao nível do chão e a coloca na localização respetiva aos 5 metros. Assim, as únicas diferenças existentes são a quantidade do código 4LTSFISS que se refere aos metros de condução e a frequência relativa à quantidade de embalagens em cada suboperação.

Tabela 5.11. Tempos normais da proposta de armazenamento de embalagens GLT na estante

Proposta de operação de armazenamento na estante: embalagens GLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMS	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta C	4LTIALW	25	1	35	875
Apanhar e posicionar (chão para 4m)	5LTSAADSM	1602	1	35	56070
Acréscimo de elevação > 4 metros	5LTSZAWS	164	1	35	5740
Conduzir	4LTSFISS	13	55	2 × 35	50050
Tempo normal da operação (TMU)					113428
Tempo normal da operação (min)					68,06
Tempo normal da operação por embalagem GLT (min)					1,94

O tempo normal para esta proposta de operação é dado pela equação 36, considerando que 1 TMU equivale a 0,0006 minutos.

$$\text{Tempo normal da operação (min)} = 113428 \times 0,0006 = 68,06 \text{ minutos}$$

O tempo normal por embalagem, em minutos, depende do número total de embalagens no caminhão com destino à estante, dado pela aplicação da equação 37.

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{\text{GLT}} = \frac{68,06}{35} = 1,94 \text{ minutos}$$

Conclui-se que o tempo normal da proposta de armazenamento na zona da estante é 1,94 minutos por embalagem.

No estudo na operação proposta para embalagens GT, as premissas (Tabela 5.12) consideradas são idênticas à Tabela 3.54 com a alteração na distância de condução, isto é, entre o *buffer* de descarga e a localização na estante.

Tabela 5.12. Premissas da operação de armazenamento na zona da estante

Premissas para proposta de armazenamento na estante: embalagens GT	
Tipo de empilhador	Retrátil
Comprimento dos garfos	Curtos
Velocidade do empilhador (Km/h)	8
Distância entre <i>buffer</i> da descarga e estante (m)	55
Altura média da localização (m)	5
Quantidade armazenada, em cada caminhão	50

A operação proposta (Tabela 5.13) difere da original apenas na quantidade de metros da suboperação de conduzir. A distância de condução, 55 metros, é a mesma da operação proposta para embalagens GLT, considerando que a estante se encontra numa zona mais centralizada do armazém e portanto mais próxima dos *buffers* de descarga que a operação inicial. De resto, a frequência relativa ao número de embalagens armazenadas proveniente do caminhão não sofre alteração relativamente ao processo inicial pois a totalidade das embalagens GT são armazenadas na estante.

Tabela 5.13. Tempos normais da proposta de armazenamento de embalagens GT na estante

Proposta de operação de armazenamento na estante: embalagens GLT					
Descrição	Código MTM-SOL	Tempo (TMU)	Quantidade MTM-SOL	Frequência (Nº vezes)	Tempo por suboperação (TMU)
Acréscimo de iniciar e desligar empilhador	5LTSZEMS	693	1	1	693
Verificar localização na etiqueta	4LTIALW	25	1	50	1250
Apanhar e posicionar (chão para 4m)	5LTSAADSM	1602	1	50	80100
Acréscimo de elevação: > 4 m	5LTSZAWS	164	1	50	8200
Conduzir	4LTSFISS	13	55	2 × 50	71500
Tempo normal da operação (TMU)					161743
Tempo normal da operação (min)					97,05
Tempo normal da operação por embalagem GT (min)					1,94
Tempo normal da operação por embalagem KLT (min)					0,13

Seguindo o mesmo raciocínio, os tempos normais são dados pela aplicação da equação 36 e 37.

Tempo normal da operação (em minutos) = $161743 \times 0,0006 = 97,05$ minutos

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{GT} = \frac{97,05}{50} = 1,94 \text{ minutos/embalagem}$$

Considerando, que cada embalagem GT transporta 15 embalagens KLT, o tempo normal da operação por embalagem KLT é dado por:

$$\text{Tempo normal por embalagem}_{KLT} = \frac{1,94}{15} = 0,13 \text{ minutos/embalagem}$$

Após a determinação do tempo normal por embalagem para a proposta de melhoria, segue-se a apresentação dos respectivos resultados. A quantidade diária assumida para a operação de armazenamento de embalagens na estante resulta da união entre a quantidade de embalagem GLT armazenada na estante e a armazenada na estante virtual (Tabela 4.6), devido à transferência das embalagens que anteriormente eram armazenadas nesta última para a estante. A Tabela 5.14 resume as quantidades assumidas para a proposta da operação de armazenamento na estante.

Tabela 5.14. Quantidade de embalagens armazenadas por dia em cada zona

Tipo de embalagem	Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens (un)
GLT	Estante	23,32 + 28,89	185 + 229 = 414
GT	Estante	100%	144
KLT	Estante	100%	2132

O tempo diário da operação de armazenamento na estante passa a ser calculado com os novos valores de quantidade de embalagens armazenadas e tempo normal por embalagem calculados neste capítulo, dado pela equação 38.

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GLT}} = 414 \times 1,94 = 803,16 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GT}} = 144 \times 1,94 = 279,36 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{KLT}} = 2132 \times 0,13 = 277,16 \text{ minutos}$$

De igual forma, é feita a mesma aplicação para as restantes embalagens. A Tabela 5.15 apresenta a proposta de novos tempos diários de operação para o armazenamento na estante.

Tabela 5.15. Tempo total diário de armazenamento na estante

Operação de armazenamento de embalagens na estante			
Tipo de embalagem	Quantidade por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	414	1,94	803,16
GT	144	1,94	279,36
KLT	2132	0,13	277,16
Total (min)			1359,7

Com esta proposta, o tempo total diário despendido para as operações de armazenamento na estante das três embalagens é de 1359,7 minutos. O número teórico mínimo de operadores e o tempo de operação realizado, diariamente, por cada resulta da aplicação das equações 39 a 41 e é exposto seguidamente.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Estante}} = \frac{1359,7}{442,7} = 3,07 \sim 4 \text{ operadores}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante}} (\text{min}) = \frac{1359,7}{4} = 340 \text{ minutos}$$

O cálculo para a proposta da nova carga de trabalho, apresenta-se de seguida. A Tabela 5.16 apresenta as cargas de trabalho da operação proposta para armazenamento no *block storage* e na estante.

$$\text{Workload}_{\text{Estante}}(\%) = \frac{340}{442,7} \times 100 = 76,8\%$$

Tabela 5.16. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de put-away

Zona de armazenamento	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
<i>Block storage</i>	650,2	2	73,4
Estante	1359,7	4	76,8
Total (min)	2009,9		

A eficiência de balanceamento é dada pela equação 42.

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{650,2 + 1359,7}{442,7 \times 6} \times 100 = 75,7 \%$$

Verifica-se uma redução de um total diário de processo de *put-away* de 2305,3 minutos, do processo inicial, para 2009,9 minutos, ou seja, uma redução de 12,8 % no tempo total diário. O aumento da eficiência de balanceamento reflete que as tarefas estão melhor distribuídas entre os operadores. Ainda assim, existe alguma folga na carga de trabalho dos operadores. A folga é de 26,6% (100 - 73,4) para o operador afeto ao *block storage* e de 23,2% para o operador que realiza o armazenamento na estante. Esta redução do tempo diário de operação deve ser encarada como uma oportunidade para que, aquando da chegada das peças do novo modelo a ser produzido, não exista tanta necessidade de incrementar o número de operadores ou a sua carga de trabalho.

5.4. Processo de *Picking*

Seguindo o alinhamento da proposta efetuada para o processo de put-away, igualmente no processo de *picking*, a estante virtual possui a operação com maior tempo normal por embalagem (Tabela 3.69). Ao passo que os tempos normais de recolha por embalagem para o block storage e estante são 1,54 minutos e 2,21 minutos, respetivamente, a operação de recolha da estante virtual representa 2,58 minutos por embalagem. No seguimento da proposta efetuada no processo de *put-away* e a sua interdependência, propõe-se a eliminação da estante virtual, sendo as embalagens GLT anteriormente armazenadas nesta zona, são armazenadas e, portanto, recolhidas da estante. Aborda-se, de seguida, a apresentação dos resultados da operação de recolha da estante, com a alteração proposta.

Ao eliminar a operação na estante virtual, é importante garantir que as quantidades recolhidas consideradas nessa operação sejam agora admitidas na operação de recolha na estante. Posto isto, somam-se essas quantidades apresentadas na Tabela 4.12 e obtém-se a Tabela 5.17 com as novas quantidades de recolha na estante adequadas à proposta.

Tabela 5.17. Quantidade de embalagens recolhidas por dia em cada zona

Tipo de embalagem	Zona de armazenamento	Percentual (%)	Quantidade de embalagens (un)
GLT	Estante	23,32 + 28,89	161 + 200 = 361
GT	Estante	100%	113

O tempo total diário da operação por embalagem é dado pela equação 38. Aplicando a fórmula às embalagens GLT e GT obtém-se os seguintes valores diários, que resultam na elaboração da Tabela 5.18.

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GLT}} = 361 \times 2,21 = 797,8 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo total diário (min)}_{\text{GT}} = 113 \times 2,90 = 327,7 \text{ minutos}$$

Tabela 5.18. Tempo total diário de recolha da estante

Operação de recolha de embalagens da estante			
Tipo de embalagem	Quantidade por dia (un)	Tempo normal por embalagem (min)	Tempo total diário (min)
GLT	361	2,21	797,8
GT	113	2,90	327,7
Total (min)			1125,5

Com esta proposta, o tempo total diário despendido para as operações de recolha na estante das três embalagens é de 1125,5 minutos. O número teórico mínimo de operadores e o tempo de operação realizado, diariamente, são dados pelas equações 39 e 40.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores}_{\text{Estante}} = \frac{1125,5}{442,7} = 2,54 \sim 3 \text{ operadores}$$

$$\text{Tempo de operação por operador}_{\text{Estante}} (\text{min}) = \frac{1125,5}{3} = 375,2 \text{ minutos}$$

O cálculo para a proposta da nova carga de trabalho é realizado com recurso à equação 41, apresentada de seguida. A Tabela 5.19 apresenta as cargas de trabalho diárias, para cada operador, na operação de recolha proposta.

$$\text{Workload}_{\text{Estante}} (\%) = \frac{375,2}{442,7} \times 100 = 84,8\%$$

Tabela 5.19. Cargas de trabalho diárias propostas para o processo de picking

Zona de armazenamento	Tempo diário de operação (minutos)	Número de operadores	Workload por operador (%)
<i>Block storage</i>	509,7	2	57,6
Estante	1125,5	3	84,8
Total (min)	1635,2	5	

A eficiência deste novo balanceamento é dada como 73,9%, cuja fórmula está disponível na equação 42.

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{509,7 + 1125,5}{442,7 \times 5} \times 100 = 73,9 \%$$

Verifica-se uma redução de um total diário de processo de *picking* de 1709,2 minutos, do processo inicial para 1635,2 minutos. Isto perfaz uma redução de 4,3 % no tempo total diário, relativamente ao processo original. A folga na carga de trabalho dos operadores é de 42,4% (100 - 57,6) para o operador afeto ao *block storage* e de 15,2% para o operador que realiza o armazenamento na estante. Apesar de a redução de tempo do processo total ser exígua, não deve ser encarada como um ganho individual mas sim conjunto nos processos de *put-away* e *picking*.

Inicia-se, de seguida, a análise dos resultados do processo de *picking* relativo às embalagens KLT. Ao observar-se a Tabela 4.18, verifica-se que cada operador está atribuído a apenas um tipo de rota de *picking* de KLT. No capítulo 3.6, foi abordada a temática de não existir um tempo de ciclo definido nem um número de ciclos que o operador deve realizar por dia. Posto isto, a implementação de um monitor de contagem para verificação dos ciclos vai auxiliar o operador a confirmar a sua velocidade de trabalho, se está adiantado ou atrasado relativamente aos ciclos que devem ser realizados.

Primeiramente, é necessário determinar o número de ciclos diários para cada rota. Cada ciclo é definido como a recolha de 24 embalagens KLT da estante, ou seja, cada ronda efetuada pelo operador. Deste modo, o número de ciclos é a quantidade de vezes que o operador deve recolher 24 embalagens, dado pela equação 47.

$$\text{Número de ciclos por dia} = \frac{\text{Quantidade de embalagens KLT recolhidas}}{\text{Quantidade em cada ciclo (bundle)}} \quad (47)$$

Aplicando a equação 47 a cada tipo de rota de recolha de embalagens KLT, a síntese é apresentada na Tabela 5.20. A quantidade de embalagens KLT recolhidas diariamente, em cada rota, deriva dos resultados já apresentados na Tabela 4.17.

$$\text{Número de ciclos por dia}_{\text{Alemanha}} = \frac{404}{24} = 16,8 \sim 17 \text{ ciclos}$$

$$\text{Número de ciclos por dia}_{\text{França}} = \frac{388}{24} = 16,2 \sim 17 \text{ ciclos}$$

$$\text{Número de ciclos por dia}_{\text{Grécia}} = \frac{498}{24} = 20,7 \sim 21 \text{ ciclos}$$

$$\text{Número de ciclos por dia}_{\text{Itália}} = \frac{332}{24} = 13,8 \sim 14 \text{ ciclos}$$

$$\text{Número de ciclos por dia}_{\text{Portugal}} = \frac{426}{24} = 17,8 \sim 18 \text{ ciclos}$$

Tabela 5.20: Ciclos de recolha de embalagens KLT por dia

Rotas de <i>picking</i> KLT	Quantidade por dia (un)	Ciclos por dia
Alemanha	404	17
França	388	17
Grécia	498	21
Itália	332	14
Portugal	426	18
Total		87

Diariamente são realizadas 87 rondas para recolha de 24 embalagens KLT. O tempo normal de recolha de cada embalagem, no processo de *picking*, deriva da Tabela 3.69. Assim, o tempo normal considerado para cada ciclo, isto é, para a recolha de 24 KLT é dado pela equação 48.

$$\begin{aligned} \text{Tempo normal por ciclo (min)} & \quad (48) \\ &= \text{Quantidade de embalagens por ciclo} \\ &\times \text{Tempo normal de recolha por embalagem (min)} \end{aligned}$$

$$\text{Tempo normal por ciclo (min)} = 24 \times 1,28 = 30,72 \text{ minutos por ciclo}$$

O tempo total diário de operação é calculado pela equação 49, considerando que todos os ciclos realizados durante um dia de trabalho, 87 ciclos, demoram o mesmo tempo normal.

$$\begin{aligned} \text{Tempo total diário de operação (min)} & \quad (49) \\ &= \text{Número de ciclos} \times \text{Tempo normal por ciclo (min)} \end{aligned}$$

$$\text{Tempo total diário de operação (min)} = 87 \times 30,72 = 2672,6 \text{ minutos}$$

Assume-se que os ciclos das rotas são atribuídos ao operador consoante a sua disponibilidade, e portanto o número teórico mínimo de operadores é calculado pela equação 39, considerando os 87 ciclos. Assumindo um tempo diário de trabalho útil de 442,7, de acordo com a Tabela 4.1.

$$\text{Número teórico mínimo de operadores} = \frac{2672,6}{442,7} = 6,04 \sim 7 \text{ operadores}$$

Posto isto, o tempo de operação realizado por cada operador, por dia, é dado pelo total de tempo diário dividido pelo número de operadores já determinados (equação 40).

$$\text{Tempo de operação por operador (min)} = \frac{2672,6}{7} = 381,8 \text{ minutos}$$

Considerando que cada operador tem 381,8 minutos de operação a realizar diariamente, a sua carga de trabalho provém da equação 41.

$$\text{Workload (\%)} = \frac{381,8}{442,7} \times 100 = 86,2 \%$$

A Tabela 5.21 sintetiza a informação determinada anteriormente.

Tabela 5.21. Ciclos e cargas de trabalho do processo de *picking* de embalagens KLT

Número de ciclos	Tempo por ciclo (min)	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)
87	30,72	2672,6	7	86,2

Assim, a eficiência de balanceamento no processo de *picking* resulta da aplicação da fórmula apresentada na equação 42.

$$\text{Eficiência de balanceamento (\%)} = \frac{2672,6}{442,7 \times 7} \times 100 = 86,2 \%$$

Com a implementação de ciclos de rotas de *picking* e a distribuição de trabalho entre os operadores, constata-se uma redução de 2 operadores e uma eficiência de balanceamento de 65,8% para 86,2%.

5.5. Síntese do capítulo

Neste capítulo foram analisados os resultados do estudo dos 3 processos logísticos para os três tipos de embalagem. Foi realizada uma reflexão sobre os desperdícios e oportunidades de melhoria encontrados ao longo deste capítulo. Sumarizam-se então alguns dos problemas encontrados:

- i. A distribuição da receção de embalagens não é homogênea, por cada dia da semana - fluxo de material não fluido com a produção;
- ii. Falta de *buffers* de descarga para o volume de embalagens leva a deslocamentos adicionais - desperdício de movimentos;
- iii. Impressão das etiquetas para cada embalagem KLT - desperdício de processo;
- iv. Existência de *buffer* intermédio entre o buffer de descarga e a estante - desperdício de processo;
- v. Excesso de movimentos devido à organização de armazenamento da estante virtual - desperdício de movimentos;
- vi. Inexistência de ciclos definidos de recolha de embalagens KLT de acordo com as rotas de abastecimento - falta sincronização de processo;
- vii. Inexistência de folhas de trabalho normalizadas para consulta dos operadores.

Observando os resultados do processo de *receiving*, constatou-se que as cargas de trabalho são baixas. Constatação que é corroborada pelo resultado da eficiência de balanceamento do processo de *receiving* de 67,8%.

Dos desperdícios e oportunidades de melhoria identificados, estudou-se a proposta de melhoria da eliminação da colocação da etiqueta C em todas as embalagens KLT. Através desta, reduziu-se o tempo total diário da operação de verificação de 696,3 minutos para 552,9 minutos (Tabela 5.4), o que resultou numa redução de 20,5% no tempo diário de verificação. No entanto, esta redução não foi o suficiente para reduzir um operador na operação, pelo que foi necessário outra solução para aumentar a eficiência de balanceamento: a distribuição das operações entre os operadores por forma a nivelar a carga de trabalho. Assim propôs-se que a agregação da operação de descarga do camião e da operação de verificação, admitindo que ambas possam ser realizadas pelo mesmo operador. Desta forma, pode compensar-se a baixa carga de trabalho que cada operador tem, diminuindo um operador e distribuindo a carga pelos restantes. Pode constatar-se que ocorreu um aumento na eficiência de balanceamento para 79,7% (Tabela 5.5).

Os resultados foram apresentados com a premissa de que o número de embalagens recebidas diariamente é constante durante toda a semana, para ser possível determinar o número de operadores teóricos e a respetiva carga de trabalho por dia. Desta forma, conseguiu-se igualar a receção de embalagens, diariamente, consoante o número de veículos produzidos. No entanto, em termos reais, o número de chegadas de embalagens por veículo produzido não é constante durante a semana, e por essa razão foi feita uma análise, a título de curiosidade e esclarecimento, dos tempos diários de operação e número de operadores necessários para cada dia da semana. Daqui, concluiu-se que o ajuste da receção de camiões ao número de veículos produzidos e a nivelação dessa receção durante os dias da semana traduz-se numa melhor eficiência de balanceamento.

No que se refere ao estudo do *put-away*, a operação de armazenamento na estante virtual representa o maior tempo normal por embalagem, 2,52 minutos por embalagem, que se deve aos movimentos adicionais realizados devido à organização desta zona de armazenamento. O *buffer* da estante foi, também, considerado um desperdício de processo, pelo que a sua eliminação iria resultar num processo mais fluido em que as embalagens seriam transferidas diretamente do buffer de descarga para a estante. Assim apresentou-se duas propostas de melhoria para este processo, que são a eliminação da zona de estante virtual e do *buffer* da estante, sendo as embalagens anteriormente armazenadas nestas zonas realocadas diretamente para a estante. Com estas alterações, verificou-se uma redução de um tempo total diário de processo de *put-away* de 2305,3 minutos para 2009,9 minutos, ou seja, uma redução de 12,8 % no tempo total diário (Tabela 5.16).

Seguindo o alinhamento da proposta efetuada para o processo de *put-away*, igualmente no processo de *picking*, a estante virtual possui a operação com maior tempo normal por embalagem. Assim, verificou-se uma redução de um total diário de processo de *picking* de 1709,2 minutos para 1635,2 minutos, que resulta numa redução de 4,3 % no tempo total diário (Tabela 5.19). Visto que se verificou uma redução no número de operadores, a eficiência de balanceamento aumentou de 64,3% para 73,9% relativamente ao processo *picking* original.

Com vista à implementação de ciclos de rotas de *picking* de KLT e a distribuição de trabalho entre os operadores, definiram-se 87 rondas para recolha de 24 KLT que se traduz num aumento da eficiência de balanceamento de 65,8% para 86,2%, relativamente ao processo de *picking* de embalagens KLT inicial (Tabela 5.21).

A Tabela 5.22 apresenta os resultados em termos de tempo diário de operação, número de operadores, carga de trabalho e respetiva eficiência de balanceamento para as operações com as propostas de melhoria apresentadas ao longo deste capítulo. São 21 os operadores teóricos mínimos necessários para realizar os 3 processos, num dia de trabalho, após as melhorias propostas.

Tabela 5.22. Resultados das propostas para os processos de *receiving*, *put-away* e *picking*

Processo	Operação/Zona	Tempo diário de operação (min)	Número de operadores	Workload por operador (%)	Eficiência de balanceamento (%)
<i>Receiving</i>	Descarga do camião	1058,0	3	79,7%	79,7
	Verificação da carga				
<i>Put-away</i>	<i>Block Storage</i>	650,2	2	73,4	75,7
	Estante	1359,7	4	76,8	
<i>Picking</i>	<i>Block Storage</i>	509,7	2	57,6	73,9
	Estante	1125,5	3	84,8	
	Rotas KLT	2672,6	7	86,2	

Por sua vez, a Tabela 5.23 apresenta os ganhos diários, em termos de tempo, das propostas de melhoria em cada processo. Os ganhos diários são dados como a diferença entre o tempo total diário do processo inicial e o tempo total diário calculado considerando os processos com as melhorias propostas. Note-se que como não se verificou uma redução de tempo no processo de *picking* das embalagens KLT não se apresenta na tabela seguinte o tempo relativo a esse processo. Os tempos diários dos processos iniciais podem ser consultados na Tabela 4.19.

Tabela 5.23. Ganhos diários, em termos de tempo, para cada processo

Zona de armazenamento	Tempo total diário dos processos (min)		
	Processo inicial	Processo após propostas	Ganho diário
<i>Receiving</i>	1201,4	1058,0	143,4
Put-away	2305,3	2009,9	295,4
<i>Picking</i> (GLT e GT)	1709,2	1635,2	74,1
Total (min)	5215,9	4703,1	512,9

É apresentada uma tabela comparativa (Tabela 5.24) do tempo normal de operação diário, o número teórico mínimo de operadores e a eficiência de balanceamento relativamente ao processo inicial (atual) e as melhorias propostas ao longo desta dissertação.

Tabela 5.24. Tabela comparativa geral

Processo	Tempo normal de operação diário (min)			Número teórico mínimo de operadores			Eficiência de balanceamento (%)		
	Inicial	Proposta	Diferença	Inicial	Proposta	Diferença	Inicial	Proposta	Diferença
<i>Receiving</i>	1201,4	1058,0	- 11,94 %	4	3	- 1	67,8	79,7	+ 11,9
<i>Put-away</i>	2305,3	2009,9	-12,8 %	7	6	- 1	74,4	75,7	+ 1,3
<i>Picking</i> (GLT e GT)	1709,2	1635,2	- 4,3 %	6	5	- 1	64,3	73,9	+ 9,6
<i>Picking</i> (Rotas)	Sem Redução			9	7	- 2	65,8	86,2	+ 20,4

Com as propostas apresentadas nos processos de *receiving*, put-away e *picking* de embalagens GLT e GT alcançou-se uma redução no tempo total diário de 512,9 minutos. A eficiência média de balanceamento dos três processos para os processos iniciais e propostos é dada, respetivamente, pelas equações 50 e 51:

$$\text{Eficiência média de balanceamento (\%)} = \frac{67,8 + 74,4 + 64,3 + 65,8}{4} = 68,1 \% \quad (50)$$

$$\text{Eficiência média de balanceamento (\%)} = \frac{79,7 + 75,7 + 73,9 + 86,2}{4} = 78,9\% \quad (51)$$

Analisando a tabela anterior, pode concluir-se que com as propostas apresentadas, estima-se uma redução de 512,9 minutos do tempo total diário de operação, de 5 do número mínimo teórico de operadores e um aumento de 10,8 % da eficiência média de balanceamento.

6. Conclusões, Limitações e Recomendações Finais

Este é o capítulo final desta dissertação, onde é realizada uma descrição sucinta do trabalho desenvolvido no âmbito da aplicação do método MTM-SOL aos processos de *receiving*, *put-away* e *picking* e das principais conclusões obtidas nos diversos capítulos. Apresentam-se, ainda, as principais limitações do estudo e recomendações para trabalhos futuros.

6.1. Conclusões finais

Dada a crescente globalização da economia e concorrência no mercado automóvel, é necessário a flexibilização dos processos e a redução dos custos nos processos de valor não acrescentado ao longo de toda a cadeia de abastecimento. O aumento de configurações de produto existentes, para satisfazer os pedidos dos clientes, incrementa a variedade dos componentes abastecidos à linha de produção, sendo importante uma gestão eficiente da cadeia de abastecimento.

A filosofia *Lean* tem como foco a identificação e eliminação dos desperdícios ao longo de todos os processos produtivos, bem como a nível logístico. A aplicação dos princípios e soluções *Lean* aos armazéns constitui uma enorme oportunidade para a redução desses desperdícios e a criação de valor em todos os elos da cadeia de abastecimento.

As melhorias ao nível dos processos logísticos permitem a redução no tempo total de abastecimento às linhas de produção e uma melhor coordenação entre a logística e a produção. Toda a organização deve encarar a cadeia de abastecimento como um conjunto de processos e operações inter-relacionadas. Assim, a implementação de operações logísticas mais eficientes e otimizadas são imprescindíveis para a redução dos custos logísticos, a melhoria do desempenho e aumento do nível de serviço prestado ao cliente.

Neste contexto e prevendo o início da produção do novo modelo da marca *Volkswagen*, em 2017, a produção irá duplicar e, conseqüentemente, serão acolhidas milhares de referências de peças devido à grande variedade de opções existentes nos veículos produzidos hoje em dia. Posto isto, foi realizado um estudo dos tempos normalizados para auxiliar o custeio de tempos dos processos logísticos da Área da Montagem, proposto pelo departamento de Engenharia Industrial da *Volkswagen Autoeuropa*. A análise dos processos vigentes e a identificação de certos problemas, possibilita a redução dos tempos normais no processo para que, com a chegada dessas novas peças, seja necessário um menor incremento de operadores e de tempo de trabalho.

A determinação do tempo normal por embalagem, em cada operação teve como base fundamental o método MTM-SOL. Esta ferramenta possibilita a quantificação dos tempos de operação e respetivas cargas de trabalho de cada operador necessário aos processos. Ao serem identificados problemas e propostas de melhorias é exequível, através da mesma abordagem, uma comparação entre o estado atual da operação, em termos de processo e cargas de trabalho, e cenários alternativos de alteração de procedimento ou *layouts*.

O ponto de partida para este estudo foi a observação e análise das operações inerentes ao processo geral de abastecimento de peças à linha de produção, provenientes nos três tipos de embalagens *standard* mais movimentadas no armazém, GLT, GT e KLT. Foram 3 os processos analisados: *receiving* (receção das embalagens provenientes nos camiões), *put-away* (armazenamento das embalagens em três zonas distintas do armazém) e *picking* (recolha das embalagens previamente armazenadas para a zona de transferência com destino às rotas de abastecimento à linha).

O processo de *receiving* divide-se em duas operações, a descarga do camião e a verificação da carga, cujos resultados determinaram uma necessidade teórica de dois operadores, para cada operação. A carga de trabalho é de 57,1% para os operadores da operação de descarga e 78,7% para os que realizam a operação de verificação, perfazendo uma eficiência de balanceamento de 67,8%. Verifica-se que a eficiência de balanceamento é um pouco baixa, o que indica que o balanceamento não está adequado e que existe potencial de melhoria.

Da análise realizada ao processo de *receiving*, e tendo em consideração os desperdícios identificados na secção 3.6 e as restrições existentes, é realizada a proposta para a eliminação das etiquetas C nas embalagens KLT, de grupo de armazém A. Note-se que para a implementação desta proposta, é necessário um apoio do sistema de informação logístico, de modo a aceitar as embalagens KLT no sistema, imprimindo apenas uma etiqueta. Com esta proposta reduziu-se o tempo total diário consumido nas operações de verificação de 696,3 minutos para 552,9 minutos, ou seja, em 20,5%. No entanto esta redução não será suficiente para reduzir o número de operadores, pelo que se propôs ainda a redistribuição das tarefas das duas operações entre os mesmos operadores por forma a nivelar a carga de trabalho, entre as operações de descarga do camião e verificação. Com esta sugestão, reduz-se o número de operadores totais do processo de *receiving* para 3, cada um com uma carga de 79,7% e, consequentemente, a eficiência de balanceamento com um aumento para 79,7% relativamente ao processo inicial.

No processo de *put-away*, que consiste no armazenamento em três zonas distintas do armazém, *block storage*, estante virtual e estante., tendo ainda este último uma operação antecedente secundária de colocação da embalagem no *buffer*, constatou-se que, considerando que as operações de armazenamento nas diferentes zonas são realizadas de forma individual, isto é, não são acumuladas e distribuídas entre si, são estimados como necessários um total teórico de 7 operadores para o processo,

distribuídos nas seguintes operações de armazenamento por zona: 2 para o *block storage*, 2 para a estante virtual, 1 para o *buffer* e 2 para a estante, perfazendo a eficiência deste balanceamento um total de 74,4%.

Adicionalmente, ao aplicar-se o MTM-SOL às diferentes operações, verificou-se que os tempos normais de armazenamento por embalagem mais acentuados dizem respeito à estante virtual e ao acréscimo do *buffer* da estante ao armazenamento na estante. Por conseguinte, apresentaram-se os resultados da proposta de eliminação da estante virtual e do *buffer* anterior à estante, sendo o armazenamento das embalagens destas zonas realizado na estante. É importante referir que esta proposta melhoria apenas se torna vantajosa se a localização da estante for transferida para uma zona mais centralizada do armazém, de modo a diminuir a distância percorrida no armazenamento. Assim, ao eliminar a estante virtual e o *buffer* da estante, o processo de *put-away* sofrerá uma redução estimada no tempo total diário de 2305,3 para 2009,9 minutos, isto é, uma redução de 12,8%, sendo atribuídos, teoricamente, 2 operadores à operação de armazenamento no *block storage* e 4 operadores à operação na estante. Esta solução poderá permitir um aumento da eficiência de balanceamento para 75,7%.

No processo de *picking* existem dois conceitos diferentes de recolha. A operação de recolha de embalagens GT e embalagens GLT é realizada por pedidos individuais, ao contrário das embalagens KLT que são recolhidas de acordo com rotas de conjuntos de 24 pedidos. Por estes motivos, a apresentação dos resultados e a sua análise foram realizadas isoladamente. Para as operações de recolha de *block storage*, de estante virtual e de estante, considerando apenas embalagens GLT e GT, serão necessários, teoricamente, 2 operadores em cada destas operações. As cargas de trabalho variam entre 57,6 %, 58,3% e 77,2%, respetivamente e a eficiência de balanceamento calculada para a operação inicial foi de 64,3%.

No seguimento da proposta efetuada no processo de *put-away* e a sua interligação, propõe-se, novamente, a eliminação da estante virtual, que resulta numa redução de 1709,2 minutos para 1635,2, portanto, 4,3% de redução no tempo total diário da operação relativamente ao processo inicial. Visto que se verificou uma redução no número teórico de operadores, a estimativa da eficiência de balanceamento aumentou para 73,9% relativamente ao processo de *picking* inicial. Tal como no processo de *put-away*, esta redução de tempo de processo pode permitir a receção de embalagens com peças para o novo modelo sem um aumento tão abrupto de operadores.

Com as propostas apresentadas nos processos de *receiving*, *put-away* e *picking* de embalagens GLT e GT poderá conseguir atingir-se uma redução no tempo total diário de 512,9 minutos. Dado que o tempo diário útil de trabalho de um operador é de 442,7 minutos, será possível alcançar-se uma redução de tempo equivalente ao trabalho diário de um operador.

Com vista à implementação de ciclos de rotas de *picking* de KLT e a distribuição de trabalho entre os operadores, definiram-se 87 rondas para recolha de 24 embalagens KLT que se traduz na diminuição de 9 para 7 no número teórico mínimo operadores e uma eficiência de balanceamento estimada de 65,8% para 86,2%, relativamente ao processo de *picking* de KLT inicial.

Constata-se, ainda, que é de grande importância para a validação dos resultados aqui apresentados o ajuste da receção de camiões ao número de veículos produzidos e o nivelamento dessa receção nos vários dias da semana. Os resultados apresentados nesta dissertação tiveram como base essa homogeneidade na receção de embalagens, sem considerar os picos de segunda-feira e quinta-feira. Essa gestão na chegada de camiões traduz-se numa melhor eficiência de balanceamento e um número menor de operadores necessários, tal como o exemplificado para o processo de *receiving*, no qual são apenas necessários, teoricamente, 3 operadores ao contrário dos 4 operadores, caso se considerasse o pico de segunda-feira.

Importa referir que as cargas de trabalho de operadores, com valores superiores a 100% apresentam preocupação, pelo que foi respeitado esse facto para o cálculo do número de operadores por operação.

6.2. Limitações do estudo

No que respeita a limitações do estudo realizado nesta dissertação, estas devem-se principalmente pelo facto de nunca ter sido realizada uma análise desta dimensão aos processos logísticos de abastecimento à linha de montagem da *Volkswagen* Autoeuropa e, portanto, identificaram-se as seguintes questões:

- i. O armazém no qual foi desenvolvido o estudo foi construído no início de 2016, sendo o armazenamento de embalagens realizado, anteriormente, num armazém exterior à *Volkswagen* Autoeuropa, pelo que certas alterações nos processos ainda estavam a decorrer;
- ii. A gestão do armazém é realizada pelo operador logístico, pelo que muitas das vezes a informação útil para a análise dos processos encontrava-se com o prestador de serviços, o que constituía uma dificuldade para a recolha de certos dados;
- iii. A variabilidade nas operações em fatores como a distância percorrida e a altura da localização das embalagens em armazém pode dificultar a quantificação destes fatores para cada operação e, conseqüentemente, a definição de um tempo normal para os processos logísticos;
- iv. Não existe uma folha com o processo normalizado, pelo que existia alguma incoerência relativamente à forma prevista para realizar as operações e a forma real como eram realizadas;
- v. Quanto ao estudo da operação de recolha de embalagens KLT, alguns tempos da suboperação são definidos por cronometragem pois o empilhador *order picker* utilizado não faz parte dos veículos abordados pelo manual de MTM, e portanto não existe ainda um código específico com os TMU's associados. Noutras suboperações realizadas com o mesmo empilhador *order picker*, são utilizados códigos MTM do empilhador retrátil devido às suas similaridades, podendo daqui resultar algumas divergências relativamente à operação real;
- vi. Nos processos logísticos observados, a taxa de chegada embalagens não é constante;
- vii. Existe uma grande dispersão no número de embalagens rececionadas diariamente, ao longo de uma semana. Apesar de o volume diário ser o mesmo, as embalagens recebidas variam consoante o dia da semana, o que dificultou a definição de premissas para o desenvolvimento deste estudo;
- viii. Dado que é o primeiro estudo realizado desta natureza, na empresa, aquando do início do projeto verificou-se alguma dificuldade na obtenção de informação, como sejam a quantidade de embalagens recebidas, armazenadas e recolhidas, diariamente e por veículo produzido e na afetação dessas embalagens a cada zona de armazenamento.

6.3. Proposta de trabalhos futuros

Esta dissertação criou as bases para um estudo mais aprofundado dos processos logísticos de abastecimento de materiais à linha de montagem da *Volkswagen* Autoeuropa. Assim, sugere-se o seguinte desenvolvimento de trabalho futuro:

- i. Determinar os tempos normais para o caso das embalagens especiais, não consideradas *standard*;
- ii. Análise e aplicação do método MTM-SOL a outros processos relevantes na logística da *Volkswagen* Autoeuropa e que devido a limitação de tempo não foram estudados nesta dissertação:
 - Receção, armazenamento e recolha dos motores e caixas de motores;
 - Rotas de abastecimento, das embalagens recolhidas no armazém, à linha de montagem e aos supermercados de apoio à produção;
 - Processos para a logística inversa de retorno de embalagens vazias ao fornecedor;
- iii. Quantificar as ineficiências reais, devidas a paragens não programadas, para cálculo dos tempos *standard*;
- iv. Com base nas descrições das suboperações realizadas para o estudo MTM-SOL, implementar folhas de trabalho normalizadas, nas quais se descreve o processo de cada operação, o respetivo tempo de processo e as fotos ilustrativas de cada situação descrita, disponíveis para consulta dos operadores que realizam as tarefas;
- v. Automatizar o cálculo do tempo por operação logística através da utilização do *software* de gestão de planos de produção da fábrica, utilizado para a determinação dos tempos dos postos de trabalho da linha de montagem. Deste modo, as quantidades de embalagens movimentadas por veículo produzido seriam previamente definidas e, aquando da alteração no *mix* de produção ou de volume de produção diário, os tempos de operações logísticas seriam automaticamente determinados e atualizados;
- vi. Centralizar os dados logísticos relativos às embalagens rececionadas, armazenadas e recolhidas diariamente, numa base de dados específica;
- vii. Analisar o ganho, em termos de tempo diário despendido nas operações logísticas, resultantes da standardização das embalagens utilizadas na empresa.

Com a aplicação destas sugestões, o estudo dos processos logísticos da *Volkswagen* Autoeuropa permitiria determinar o custeio total de movimentação das embalagens de todas as peças para o novo modelo a ser produzido, em 2017.

Referências Bibliográficas

- Almeida, D. (2015). *Aplicação de Técnicas de Melhoria contínua ao abastecimento de Linhas de Montagem*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Almeida, D., & Ferreira, J. C. E. (2009). Analysis of the Methods Time Measurement (MTM) methodology through its application in manufacturing companies. Em *19th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM)*. Middlesbrough. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2826.1927>
- Alonso-Ayuso, A., Tirado, G., & Udías, A. (2013). On a selection and scheduling problem in automatic storage and retrieval warehouses. *International Journal of Production Research*, 51(17), 5337–5353. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.813984>
- Alvarez, R. D. R., & Antunes Jr., J. A. V. (2001). Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2001000100002>
- Amaro, A., & Pinto, J. (2006). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Qualidade*. Obtido de <http://www.leanthinkingcommunity.org/livrosrecursos/netsc013.pdf>
- Associação Automóvel de Portugal. (2016). Produção Automóvel em Portugal. Obtido 10 de Março de 2017, de [http://www.autoinforma.pt/index.php?MIT=0&template_id=315&xpto=1&a\[\]=036458](http://www.autoinforma.pt/index.php?MIT=0&template_id=315&xpto=1&a[]=036458)
- Associação MTM Portugal. (2010). MTM - Ferramenta para Melhoria Contínua. Obtido 29 de Novembro de 2016, de <http://pt.slideshare.net/MTMportugal/mtm-uma-ferramenta-para-a-melhoria-contnua-2897461>
- Beño, R., Hrdinová, G., Sakál, P., & Šmida, L. (2013). The Time Analysis of Material Flow with Methods Time Measurement Contribution to CSR Implementation at the Level of Industrial Production II. *Applied Mechanics and Materials*, 309, 309–315. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.309.309>
- Beño, R., Marková, P., Šmida, L., & Sakál, P. (2012). Applying the Mtm – Logistics Method for Material Flow Analysis in Warehouses, 7–12.
- Blanchard, D. (2007). *Supply Chain Management : Best Practices*. In [Wiley Best Practices]. Hoboken, N.J. : Wiley. 2007. Obtido de <https://books.google.com.gh/books?id=TPh4wW2k5UIC>
- Borba, M., Link, C., Zonta, A., & Daros, G. (2008). Comparação dos métodos de análise de tempos pré-determinados MTM-A1 e MTM-UAS : um estudo de caso junto a uma linha de montagem de

telefones. *XV Simpósio de Engenharia de Produção*, 1–12.

Burinskiene, A. (2015). Optimising Forklift Activities in Wide-Aisle Reference Warehouse. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(4), 621–632. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM14\(4\)5.312](https://doi.org/10.2507/IJSIMM14(4)5.312)

Cabeças, J. M. (2015a). *Dimensionamento de linhas de produção*. Elementos pedagógicos da Unidade Curricular de Estudo do Trabalho. Faculdade de Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa.

Cabeças, J. M. (2015b). *Introdução aos tempos pré-determinados*. Elementos pedagógicos da Unidade Curricular de Estudo do Trabalho. Faculdade de Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa.

Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(3–4), 334–344. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0466-x>

Chan, F. T. S., & Chan, H. K. (2011). Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2686–2700. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.058>

Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean / sigma continuous improvement process : an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>

Cheng, T. C. E., & Podolsky, S. (1996). *Just in time manufacturing: an introduction* (2^a). Chapman & Hall.

Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.

Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Education.

Corrêa, H. L., & Ginanesi, I. G. N. (1993). *Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico*. São Paulo: Atlas.

Creative Safety Supply. (2016). Lean Manufacturing. Obtido de <https://www.creativesafetysupply.com/articles/lean-manufacturing/>

de Koster, R. B. M., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order

- picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- de Koster, R. B. M., Le-Duc, T., & Zaerpour, N. (2012). Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system. *International Journal of Production Research*, 50(3), 757–771. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.543941>
- Deming, W. (1982). *Out of the crisis*. London: MIT Press.
- Di Gironimo, G., Di Martino, C., Lanzotti, A., Marzano, A., & Russo, G. (2012). Improving MTM-UAS to predetermine automotive maintenance times. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 6(4), 265–273. <https://doi.org/10.1007/s12008-012-0158-8>
- Dornhofer, M., Schroder, F., & Gunthner, W. A. (2016). Logistics performance measurement system for the automotive industry. *Logistics Research*, 9(1). <https://doi.org/10.1007/s12159-016-0138-7>
- Edtmayr, T., Kuhlang, P., & Sihm, W. (2011). Methodical approach to designing workplaces and increasing productivity based on value stream mapping and methods-time measurement. *Transactions of Famena*, 35(1), 91–99.
- Feld, W. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. CRC Press.
- Frazelle, E. (2002). *World-class Warehousing and Material Handling*. New York: McGraw-Hill.
- Freire, L. M. (2008). Análise e Simulação do Ciclo de Reabastecimento das Células de Produção em Sistemas Just-In-Time. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*.
- Fu, K.-E., Chen, W.-Z., Hung, L.-C., & Peng, S. (2012). An ABC Analysis Model for the Multiple Products Inventory Control - A Case Study of Company X. Em *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012* (pp. 495–503).
- Gao, S., & Low, S. P. (2013). Total Quality Management & Business Excellence The Toyota Way model : an alternative framework for lean construction. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(5–6), 664–682. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.820022>
- German MTM Association. (sem data). History. Obtido 18 de Dezembro de 2016, de https://www.dmtm.com/mtm_en/history/
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de Produção : Mais do que simplesmente JIT. *Production*, 5(2), 169–189.
- Ghinato, P. (2007). Jidoka: Mais do que Pilar da Qualidade. Obtido 18 de Dezembro de 2016, de <http://docslide.com.br/documents/jidoka-55938bde6f6f4.html>

- Gomes, J. (2016). Autoeuropa contrata 1500 trabalhadores ate 2017. Obtido de <http://observador.pt/2016/10/21/autoeuropa-contrata-1-500-trabalhadores-ate-2017>
- Gonçalves, A. (2006). *Total Flow Management na Indústria no Instituto Kaizen*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Grant, D., Ellram, L. M., Stock, J. R., & Lambert. Douglas M. (2005). *Fundamentals of Logistics Management*. McGraw-Hill Education.
- Hale, T. S., Huq, F., & Hipkin, I. (2012). An improved facility layout construction method. *Internacional Journal of Production Research*, 50(15), 4271–7278. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.611541>
- Henn, S., Koch, S., & Wäscher, G. (2011). *Order Batching in Order Picking Warehouses : A Survey of Solution Approaches*. Otto-von-Guericke University Magdeburg.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Huntzinger, J. (2006). Why Standard Work is not Standard : Training Within Industry Provides an Answer. *AME*, (4), 7–13.
- Ichikawa, H. (2009). Simulating an Applied Model to Optimize Cell Production and Parts Supply (Mizusumashi) for Laptop Assembly. Em *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference* (pp. 2272–2280).
- Imai, M. (1994). *Kaizen: a estrategia para o sucesso competitivo*. São Paulo: IMAM.
- International MTM Directorate. (2015). Work Measurement MTM Systems. Obtido 18 de Dezembro de 2016, de <http://mtm-international.org/work-measurement-mtm-systems/>
- Jones, D. (2006). Heijunka: Leveling Production. *Manufacturing Engineering Magazine*, 137. Obtido de <http://advancedmanufacturing.org/heijunka-leveling-production/>
- Jornal de negócios. (2017). Volkswagen ultrapassa Toyota e torna-se na maior fabricante mundial. Obtido 12 de Dezembro de 2017, de <http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/automovel/detalhe/volkswagen-ultrapassa-toyota-e-torna-se-na-maior-fabricante-mundial>
- Kaizen Institute. (2010). *Manual KMS*.
- Kasilingam, R. G. (1998). *Logistics and Transportation – Design and Planning*. Dordrecht: Springer

Science+Business Media.

- Kovacs, A. (2010). Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics. *International Journal of Production Economics*, 133, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.028>
- Kuhlang, P., & Sunk, A. (2015). Productivity Improvement in Logistical Work Systems of the Genuine Parts Supply Chain. Em *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 280–284).
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art : making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Ledo, W. (2015). Volkswagen já garantiu que o investimento na Autoeuropa é para manter. *Jornal de negócios*. Obtido de http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/automovel/detalhe/volkswagen_ja_garantiu_que_investimento_na_autoeuropa_e_para_manter
- Leite, W. (2006). *Sistema de Administração da Produção Just-In-Time (JIT)*. Belo Horizonte.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services : The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20.
- Liker, J., & Meier, D. (2005). *The Toyota Way Field-book: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4P's*. McGraw-Hill.
- Liker, J., & Meier, D. (2007). *Modelo Toyota: Manual de Aplicação*. Bookman.
- Lu, W., McFarlane, D., Giannikas, V., & Zhang, Q. (2016). An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations. *European Journal of Operational Research*, 248(1), 107–122. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.074>
- Maynard, H. (1970). *Manual de Engenharia de Produção: Padrões de Tempos Elementares Pré-determinados (Vol.5)*. São Paulo: Blucher.
- Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-Time Measurement*. McGraw-Hill.
- Melo, D., & Brito, J. (2014). Utilização do método MTM-UAS como ferramenta de análise e aumento

- de produtividade. Em *XIV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial* (pp. 1–14). Salvador, Brasil.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking Has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Min, H. (2007). The applications of warehouse management systems: an exploratory study. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 9(2), 111–126.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Georgia: Industrial Engineering & Management Press.
- Monteiro, R., Lelis, E., & Rodrigues, Ê. (2010). Logística e Produção : Impacto dos Estoques na Velocidade de Processo de Manufatura. Em *VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*. Resende, Brasil.
- MTM UK. (2015). MTM logistics. Obtido 21 de Dezembro de 2016, de <http://www.ukmtm.co.uk/systems/mtm-logistics.html>
- Novaski, O., & Sugai, M. (2002). Mtm como ferramenta para redução de custos. O taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje. *Revista Produção Online*, 2(2).
- Ohno, T. (1988a). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. CRC Press.
- Ohno, T. (1988b). *Workplace Management*. Productivity Press.
- Oliveira, F., Silva, I., & Helleno, A. (2011). Metodologia MTM (Methods-Time Measurement) como uma estratégia competitiva para um balanceamento de linha de produção mais enxuto. Em *XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Belo Horizonte, Brasil.
- Palevich, R. (2012). *The Lean Sustainable Supply Chain*. New Jersey: Pearson Education.
- Pereira, J. P. (2014). Autoeuropa planeia investimento de 670 milhões e criação de 500 empregos. Obtido 12 de Fevereiro de 2017, de <https://www.publico.pt/2014/03/31/economia/noticia/autoeuropa-planeia-investimento-de-670-milhoes-e-criacao-de-500-empregos-1630493>
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159–163. <https://doi.org/10.1002/9780470759660.ch27>
- Pinto, J. P. (2013). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços* (3ª). Lidel - edições técnicas,

- Lda.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lisboa: Lidel - edições técnicas, Lda.
- Plenert, G. (2007). *Plenert, G. (2007). Reinventing Lean: Introducing Lean Management Into Supply Chain*. Butterworth-Heinemann.
- Ramaa, A., Subramanya, K. ., & Rangaswamy, T. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14–20. <https://doi.org/10.5120/8530-2062>
- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute, Inc.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2011). *The Handbook of Logistics & Distribution Management*. London: Kogan Page Limited.
- Ryan, J. L. (2006). *The Forklift Manual*. Siloam Springs: Donegal Bay Publishing.
- Scott, C., Lundgren, H., & Thompson, P. (2011). *Guide to Supply Chain Management*. United Kingdom: Springer.
- Scroll, P., & For, D. (2012). Gemba Kaizen versus Muda, Mura, Muri. *Distributed Generation & Alternative Energy Journal*, 27(4), 5–7.
- Shingo, S. (1982). *Study of Toyota production system from industrial engineering view point*. Tokyo: Japan Management Association.
- Silveira, T., Jacob, A., & Borba, M. (2002). *O método MTM (Methods Time Measurement) para o aumento da produtividade e melhorias das práticas de trabalho*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sproull, B. (2009). *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints*. Taylor & Francis Group.
- STILL GmbH. (2017). Empilhadores Still. Obtido 11 de Março de 2016, de <http://www.still.pt/empilhadores/empilhadores-novos.html>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uckikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564.

- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. Em *12th Global Congress on Manufacturing and Management* (Vol. 97, pp. 1875–1885). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Sunk, A., Sihn, W., & Kuhlang, P. (2015). Improving productivity by deriving and defining target conditions in the value stream of packing. *Transactions of Famena*, 39(3), 35–46.
- Suzaki, K. (1987). *The new manufacturing challenge: Techniques for Continuous Improvement*. New York: Free Press.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. LeanOp Press.
- Tompkins, J. (1996). *Facilities Planning* (2^a). John Wiley.
- Volkswagen. (2015). Volkswagen Navigator. Obtido 14 de Dezembro de 2016, de http://navigator.volkswagenag.com/index.html?lang=en_GB&deeplink=#home
- Volkswagen Autoeuropa. (sem data-a). *Manual MTM-SOL* (Documento Interno). Palmela.
- Volkswagen Autoeuropa. (sem data-b). *Manual MTM-UAS* (Documento Interno). Palmela.
- Volkswagen Autoeuropa. (2006). *Manual de contentores universais do Grupo Volkswagen*. Palmela: Documento Interno.
- Volkswagen Autoeuropa. (2013a). História. Obtido 14 de Dezembro de 2016, de <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/empresa/factos-numeros>
- Volkswagen Autoeuropa. (2013b). <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/empresa/quem-somos>. Obtido 12 de Janeiro de 2017, de <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/empresa/quem-somos>
- Volkswagen Autoeuropa. (2016a). Acordo sobre modelo de gestão na Volkswagen Autoeuropa. Obtido 14 de Dezembro de 2016, de https://www.volkswagenautoeuropa.pt/comunicacao/relacoes-publicas/media-kit/press-releases/31-05-16_nota-a-imprensa_acordo-sobre-modelo-de-gestao-na-volkswagen-autoeuropa_.pdf
- Volkswagen Autoeuropa. (2016b). Nota de Imprensa. Obtido 14 de Dezembro de 2016, de <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/comunicacao/relacoes-publicas/media-kit/press-releases/25-aniversario-volkswagen-autoeuropa.pdf>
- Wänström, C., & Finnsgard, C. (2013). Factors impacting manual picking on assembly lines: an experiment in the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 51(6),

1789–1798. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.712729>

Warnecke, H., & Huser, M. (1995). Lean production. *International Journal of production Economics*, 41(1–3), 37–43.

White, J. A., & Francis, R. L. (1974). *Facility layout and location: An analytical approach* (1^a). Prentice Hall.

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing* (1^a). McGraw-Hill.

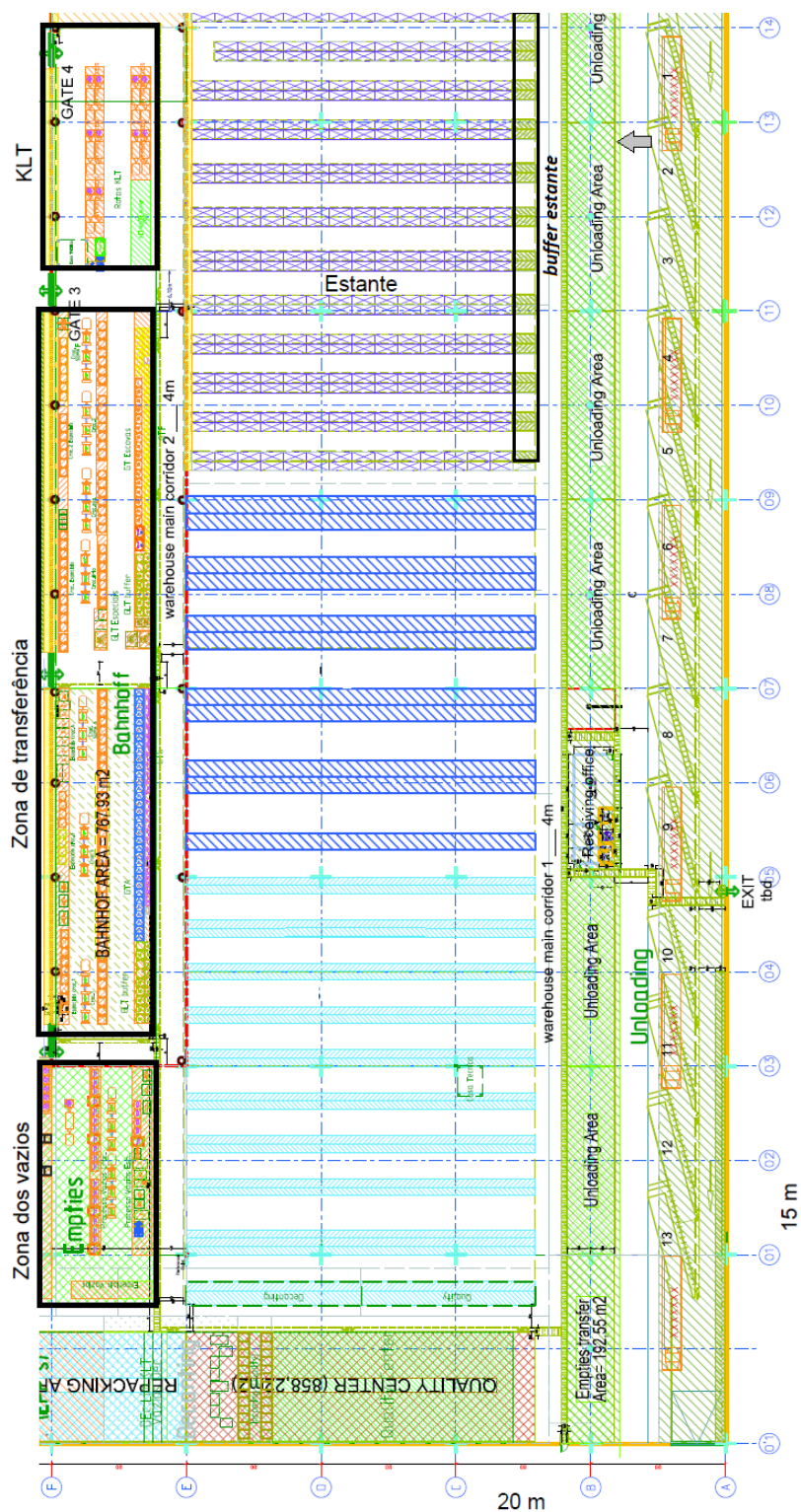
Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation* (3^a). New York: Productivity Press.

Womack, J., Jones, D., Roos, D., & Carpenter, D. (1992). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus.

Zaerpoura, N., Kostera, R., & Yub, Y. (2013). Storage policies and optimal shape of a storage system. *International Journal of production Research*, 51(23–24), 6891–6899.

Anexos

Anexo 1. Layout global do armazém



Anexo 2. Amostra da quantidade de embalagens recebidas

		Total (Soma do dia)		
Dia da semana	Dia	GLT	GT	Danificados
Segunda-feira	29/ago	1297	343	10
Terça-feira	30/ago	851	181	9
Quarta-feira	31/ago	787	291	6
Quinta-feira	01/set	768	159	6
Sexta-feira	02/set	670	194	0
Segunda-feira	05/set	1056	480	8
Terça-feira	06/set	637	222	8
Quarta-feira	07/set	707	136	4
Quinta-feira	08/set	860	247	5
Sexta-feira	09/set	845	305	5
Segunda-feira	12/set	989	345	7
Terça-feira	13/set	811	308	8
Quarta-feira	14/set	634	203	7
Quinta-feira	15/set	382	154	2
Sexta-feira	16/set	819	336	4
Segunda-feira	19/set	1028	506	7
Terça-feira	20/set	689	210	4
Quarta-feira	21/set	880	170	6
Quinta-feira	22/set	727	312	2
Sexta-feira	23/set	631	233	2
Segunda-feira	26/set	1262	540	8
Terça-feira	27/set	1094	284	10
Quarta-feira	28/set	578	103	3
Quinta-feira	29/set	501	249	5
Sexta-feira	30/set	763	236	9
Segunda	03/out	1492	591	9
Terça-feira	04/out	911	285	5
Quarta-feira	05/out	443	109	4
Quinta-feira	06/out	426	35	6
Sexta-feira	07/out	769	221	1
Segunda-feira	10/out	1026	388	8
Terça-feira	11/out	976	275	6
Quarta-feira	12/out	588	50	3
Quinta-feira	13/out	892	148	2
Sexta-feira	14/out	635	404	6

Segunda-feira	17/out	1147	500	10
Terça-feira	18/out	592	296	6
Quarta-feira	19/out	599	185	6
Quinta-feira	20/out	725	123	3
Sexta-feira	21/out	724	304	5
Segunda-feira	24/out	1264	365	14
Terça-feira	25/out	577	330	2
Quarta-feira	26/out	914	76	6
Quinta-feira	27/out	711	233	6
Sexta-feira	28/out	521	222	4
Segunda-feira	31/out	1552	713	12
Terça-feira	01/nov	693	154	6
Quarta-feira	02/nov	803	433	4
Quinta-feira	03/nov	324	38	2
Sexta-feira	04/nov	865	355	8
Segunda-feira	07/nov	1094	309	12
Terça-feira	08/nov	783	455	4
Quarta-feira	09/nov	966	76	4
Quinta-feira	10/nov	802	362	7
Sexta-feira	11/nov	672	211	2
Segunda-feira	14/nov	992	366	9
Terça-feira	15/nov	953	389	9
Quarta-feira	16/nov	766	122	6
Quinta-feira	17/nov	816	281	6
Sexta-feira	18/nov	511	188	2
Segunda-feira	21/nov	682	277	5
Terça-feira	22/nov	759	457	8
Quarta-feira	23/nov	805	191	8
Quinta-feira	24/nov	463	184	6
Sexta-feira	25/nov	882	143	6
Segunda-feira	28/nov	990	500	8
Terça-feira	29/nov	922	456	7
Quarta-feira	30/nov	906	175	6
Quinta-feira	01/dez	291	225	2
Sexta-feira	02/dez	795	291	7
Segunda-feira	05/dez	985	297	8
Terça-feira	06/dez	930	532	12
Quarta-feira	07/dez	1130	187	6
Quinta-feira	08/dez	315	182	1

Anexos

Sexta-feira	09/dez	1039	285	4
Segunda-feira	12/dez	773	416	9
Terça-feira	13/dez	843	254	5
Quarta-feira	14/dez	694	172	7
Quinta-feira	15/dez	950	329	6
Sexta-feira	16/dez	449	109	2
Total	-	86394	473	

Anexo 3. Armazenamento de embalagens GLT: Excerto do sistema de informação logístico

Número de embalagens	Grupo de armazém	Zona	Localização
6	T2	Estante	MS01A01A02
3	T2	Estante	MS01A01A03
3	T2	Estante	MS01A01B02
3	T2	Estante	MS01A01B03
1	T2	Estante	MS01A01C02
3	T2	Estante	MS01A01C03
4	T2	Estante	MS01A01D02
4	T2	Estante	MS01A01E02
7	T2	Estante	MS01A01F02
6	T2	Estante	MS01A01F03
4	T2	Estante	MS01A01G02
4	T2	Estante	MS01A01G03
1	T2	Estante	MS01A01I02
1	T2	Estante	MS01A02A02
6	T2	Estante	MS01A02A03
4	T2	Estante	MS01A02B01
1	T2	Estante	MS01A02B02
1	T2	Estante	MS01A02B03
1	T2	Estante	MS01A02C01
3	T2	Estante	MS01A02C02
...			
27	T2	Block storage	MS14B03A
27	T2	Block storage	MS14B04A
18	T2	Block storage	MS14B05A
27	T2	Block storage	MS14B06A
27	T2	Block storage	MS14B07A
9	T2	Block storage	MS14B08A
7	T2	Block storage	MS14B08A
18	T2	Block storage	MS14B09A
18	T2	Block storage	MS14B10A
12	T2	Block storage	MS14B11A
15	T2	Block storage	MS14B14A
18	T2	Block storage	MS14B15A
...			

1	T2	Estante virtual	MS22B01E
1	T2	Estante virtual	MS22B02A
1	T2	Estante virtual	MS22B02A
1	T2	Estante virtual	MS22B03A
1	T2	Estante virtual	MS22B03A
3	T2	Estante virtual	MS22B03C
1	T2	Estante virtual	MS22B03D
4	T2	Estante virtual	MS22B03E
1	T2	Estante virtual	MS22B04A
3	T2	Estante virtual	MS22B04A
3	T2	Estante virtual	MS22B04B
1	T2	Estante virtual	MS22B04B

Anexo 4. Armazenamento de embalagens GT: Excerto do sistema de informação logístico

Numero de embalagens	Grupo de armazém	Zona	Localização
1	B2	Estante	MS05A01G03
2	B2	Estante	MS05A01H03
1	B2	Estante	MS05A01I03
2	B2	Estante	MS05B15I01
1	B2	Estante	MS05B15I02
2	B2	Estante	MS05B15I03
1	B2	Estante	MS05B16I01
1	B2	Estante	MS05B16I02
1	B2	Estante	MS05B16I03
2	B2	Estante	MS05B18I01
3	B2	Estante	MS05B18I03
2	B2	Estante	MS05B19I01
2	B2	Estante	MS05B19I02
2	B2	Estante	MS05B19I03
1	B2	Estante	MS05B20I02
3	B2	Estante	MS05B20I03
2	B2	Estante	MS05B21I01
2	B2	Estante	MS05B21I03
1	B2	Estante	MS05B22I01
1	B2	Estante	MS05B22I03
2	B2	Estante	MS05B23I03
1	B2	Estante	MS05B24I02
3	B2	Estante	MS05B24I03
2	B2	Estante	MS05B25I01
2	B2	Estante	MS05B25I03
2	B2	Estante	MS05B26I01
2	B2	Estante	MS05B26I02
1	B2	Estante	MS05B26I03
3	B2	Estante	MS05B27I01
3	B2	Estante	MS05B27I02
1	B2	Estante	MS05B27I03
3	B2	Estante	MS06A02A01
2	B2	Estante	MS06A02A03
4	B2	Estante	MS06A02H01

1	B2	Estante	MS06A02I01
1	B2	Estante	MS06A02I02
1	B2	Estante	MS06A02I03
1	B2	Estante	MS06A03A01
3	B2	Estante	MS06A03A02
3	B2	Estante	MS06A03A03
2	B2	Estante	MS06A03H01
1	B2	Estante	MS06A03H02
2	B2	Estante	MS06A03H03
1	B2	Estante	MS06A03I01
1	B2	Estante	MS06A03I02
1	B2	Estante	MS06A03I03
1	B2	Estante	MS06A04A01
1	B2	Estante	MS05A01G03

Anexo 5. Armazenamento de embalagens KLT: Excerto do sistema de informação logístico

Numero de embalagens	Grupo de armazém	Zona	Localização
25	A	Estante	MS02A02B03
21	A	Estante	MS02A02C01
25	A	Estante	MS02A02C02
18	A	Estante	MS02A02C03
15	A	Estante	MS02A02D02
4	A	Estante	MS02A02D03
15	A	Estante	MS02A02E01
13	A	Estante	MS02A02E02
25	A	Estante	MS02A02F01
4	A	Estante	MS02A02F02
20	A	Estante	MS02A03B01
15	A	Estante	MS02A03B02
15	A	Estante	MS02A03C01
5	A	Estante	MS02A03C03
18	A	Estante	MS02A03D02
5	A	Estante	MS02A03D03
5	A	Estante	MS02A03E03
1	A	Estante	MS02A03F02
4	A	Estante	MS02A04B01
15	A	Estante	MS02A04C01
15	A	Estante	MS02A04C03
2	A	Estante	MS02A04D01
1	A	Estante	MS02A04E03
15	A	Estante	MS02A04E03
1	A	Estante	MS02A04F01
1	A	Estante	MS02A04F01
1	A	Estante	MS02A04F03
20	A	Estante	MS02A05B02
1	A	Estante	MS02A05C01
5	A	Estante	MS02A05C01
1	A	Estante	MS02A05C02
15	A	Estante	MS02A05D01
15	A	Estante	MS02A05D02
2	A	Estante	MS02A05F02

5	A	Estante	MS02B06A03
2	A	Estante	MS02B06C02
5	A	Estante	MS02B06D02
9	A	Estante	MS02B06D02
15	A	Estante	MS02B06D03
6	A	Estante	MS02B06E03
5	A	Estante	MS02B07B01
5	A	Estante	MS02B07D03
15	A	Estante	MS02B07E02
9	A	Estante	MS02B08B01
10	A	Estante	MS02B08F01
1	A	Estante	MS04A02A01
1	A	Estante	MS04A02A01
1	A	Estante	MS04A02A05

Anexo 6. Consumo diário de peças abastecidas na rota GTA

Peça nº	Consumo diário da peça	Quantidade de peças na embalagem	Consumo de embalagens/dia
1	211	10	21,13
2	271	12	22,55
3	310	16	19,35
4	313	30	10,43
5	161	6	26,83
6	152	6	25,35
7	313	12	26,08
8	313	15	20,87
9	313	17	18,41
10	313	12	26,08
11	161	6	26,83
12	152	6	25,35
13	313	30	10,43
14	309	20	15,46
15	304	3	101,31
16	275	10	27,51
17	182	15	12,17
18	309	20	15,46
19	1443	130	11,10
20	3756	340	11,05
21	313	16	19,56
22	235	16	14,67
23	272	16	17,00
24	272	16	17,00
25	275	10	27,51
26	182	15	12,17
27	131	10	13,05
		Total	594,72

$$\text{Consumo embalagens KLT por dia} = \frac{\text{Consumo diário da peça}}{\text{Quantidade de peças na embalagem KLT}}$$

Anexo 7. Consumo diário de peças abastecidas na rota GTG

Peça nº	Consumo diário da peça	Quantidade de peças na embalagem	Consumo de embalagens/dia
1	96	4	24,00
2	192	4	48,00
3	96	4	24,00
4	224	4	56,00
5	588	8	73,50
6	504	21	24,00
7	630	21	30,00
8	480	10	48,00
9	225	15	15,00
10	144	6	24,00
11	360	15	24,00
12	90	15	6,00
13	288	32	9,00
14	288	32	9,00
15	180	30	6,00
16	144	3	48,00
17	225	15	15,00
18	504	21	24,00
19	630	21	30,00
20	576	18	32,00
		Total	569,50

$$\text{Consumo embalagens KLT por dia} = \frac{\text{Consumo diário da peça}}{\text{Quantidade de peças na embalagem KLT}}$$

Anexo 8. Consumo diário de peças abastecidas na rota GTF

Peça nº	Consumo diário da peça	Quantidade de peças na embalagem KLT	Consumo de embalagens KLT/dia
1	24	4	6,00
2	45	15	3,00
3	216	4	54,00
4	144	4	36,00
5	330	22	15,00
6	24	4	6,00
7	330	22	15,00
8	240	4	60,00
9	168	7	24,00
10	70	7	10,00
11	672	28	24,00
12	270	9	30,00
13	270	9	30,00
14	204	17	12,00
15	204	17	12,00
16	288	16	18,00
17	288	16	18,00
18	18	3	6,00
19	54	9	6,00
20	29	2	14,50
21	216	9	24,00
22	24	4	6,00
23	24	4	6,00
24	108	9	12,00
25	135	9	15,00
26	189	9	21,00
27	1200	50	24,00
		Total	507,50

$$\text{Consumo embalagens KLT por dia} = \frac{\text{Consumo diário da peça}}{\text{Quantidade de peças na embalagem KLT}}$$